

THESIS

GIESSEN

1967

Aus dem Institut für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Bartels

Elektrometrische Untersuchungen
über den pH-Wert-Verlauf im Fleisch von
Schlachtschweinen und dessen Bedeutung
für die Fleischuntersuchung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
FRANZ WERNER ~~JOSTEN~~
Tierarzt aus Dudweiler-Saar

Gießen 1967

LANE MEDICAL LIBRARY OF
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR ROAD
PALO ALTO, CALIFORNIA

Aus dem Institut für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Direktor: Professor Dr. H. Bartels

Elektrometrische Untersuchungen
über den pH-Wert-Verlauf im Fleisch von
Schlachtschweinen und dessen Bedeutung
für die Fleischuntersuchung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
FRANZ WERNER JOSTEN
Tierarzt aus Dudweiler-Saar

Gießen 1967

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig - Universität zu Gießen.

Dekan: Professor Dr. F. Ulbrich

Berichterstatter: Professor Dr. H. Bartels

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Juli 1967

Meinen Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153519_0002

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<u>A. Einleitung</u>	1 - 3
<u>B. Literatur</u>	4 - 51
I. Definition des Begriffes "pH-Wert"	
II. Methoden zur Feststellung des pH-Wertes	
III. Der pH-Wert des Muskelfleisches warmblütiger Tiere	
1. Biochemische Vorgänge im Muskel	
a) Während des Lebens	
b) Mit Eintritt des Todes	
c) Nach dem Tode	
aa) Der pH-Wert-Abfall	
bb) Die Totenstarre	
cc) Die Wasserbindung	
dd) Die Fleischfarbe	
ee) Die Reifung	
2. Bisher gefundene pH-Werte bei Schlachtschweinen	
3. Blasses wässeriges Schweinefleisch	
4. Bedeutung des pH-Wertes für die Haltbarkeit des Fleisches und die Herstellung von Fleisch- erzeugnissen.	
IV. Einfluß von Kälte auf Fleisch	
a) Allgemeines	
b) Kühlen	
c) Gefrieren	
<u>C. Eigene Untersuchungen</u>	52 - 76
I. Material	
II. Methodik	
III. Ergebnisse	
<u>D. Besprechung der Ergebnisse</u>	77 - 81
<u>E. Zusammenfassung</u>	82 - 83
<u>F. Literaturverzeichnis</u>	84 - 98

A. Einleitung

Seit der Ausweitung der Kenntnisse über die postmortalen biochemischen Vorgänge im Muskelfleisch und der dabei stattfindenden Säuerung des Fleisches gewinnt die pH-Wertmessung des Fleisches der warmblütigen Schlachttiere in zunehmendem Maße an praktischer Bedeutung. Der pH-Wert ist ein Spiegel zahlreicher biochemischer Umsetzungen im Fleisch, ein einfach feststellbarer, in bestimmten Grenzen zuverlässiger Gradmesser für die Beurteilung des Fleisches im Rahmen der amtlichen Fleischuntersuchung und für die Feststellung der Eignung des Fleisches zur Fleischwarenherstellung.

Fragen nach dem geeignetsten Zeitpunkt zur Messung des pH-Wertes, der besten Meßmethode sowie dem Einfluß von Kälte auf die Geschwindigkeit der Fleischsäuerung sind dabei von wesentlichem Interesse. Die Kühltechnik unterliegt in der letzten Zeit einer starken Wandlung, so daß früher gemachte Angaben über den pH-Wert im Fleisch nicht ohne weiteres auf die veränderten Verhältnisse übertragen werden können.

Mir wurde deshalb vom Direktor des Instituts für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde, Professor Dr. H. Bartels, die Aufgabe gestellt, an Hand der Literatur besonders die postmortalen biochemischen Vorgänge im Fleisch darzustellen, und zum anderen in eigenen Untersuchungen den Verlauf des pH-Wertes im Schweinefleisch unter Berücksichtigung der speziellen Bedingungen der Schnellkühlung im Vergleich zu den herkömmlichen Kühlbedingungen elektrometrisch zu untersuchen.

Dies sollte mit einem Batteriegerät zur pH-Messung geschehen, das mit einer im Institut für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde, Gießen, entwickelten ledernen Bereitschaftstasche versehen wurde. Die ermittelten

pH-Werte, zusammen mit den grobsinnlich erhobenen Befunden, sollten schließlich darauf geprüft werden, ob bei ihrer Auswertung sich bestimmte Gesichtspunkte für die fleischhygienische und fleischtechnologische Bewertung erkennen lassen.

Zusätzlich wurde mir die Aufgabe gestellt, das Batteriegerät auf seine Eignung zur ambulanten Anwendung in Schlachthöfen und Fleischwarenfabriken zu überprüfen. (Abb. in 5).

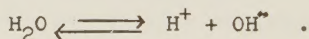
B. Literatur

I. Definition des Begriffes "pH-Wert".

Der Begriff des pH-Wertes als Maßzahl für die Wasserstoffionen-Konzentration wurde von Sørensen (1909) geprägt. Er führte die Bezeichnung "Wasserstoffexponent" und das Zeichen pH-pondus Hydrogenii (112) ein. Der pH-Wert wird mathematisch ausgedrückt als "negativer dekadischer Logarithmus der H^+ -Konzentration, $pH = -\log c(H)^+$ " (66).

Hamm (46) erklärt den Begriff pH-Wert wie folgt:

Wasser (H_2O) besteht aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff. Ein kleiner Prozentsatz der Wassermoleküle ist in "Ionen", d.h. in Atome oder Atomgruppen, die positive oder negative elektrische Ladungen tragen, zerfallen. Dieser Zerfall wird als Dissoziation bezeichnet und für Wasser in folgender Formel ausgedrückt:



Das Molekulargewicht des Wassers (1 Gramm-Molekül) beträgt 18 Gramm. Wenn diese Wassermenge vollständig dissoziiert, so bilden sich 1 g Ion H^+ (= 1 g H^+) und 1 g Ion OH^- (= 17 g OH^-). Diese Menge Ionen befindet sich in 10 Millionen Liter Wasser. 10^7 (= 10 Millionen) Liter Wasser enthalten also ein Gramm Ion H^+ und 1 g Ion OH^- . Bezogen auf ein Liter Wasser sind darin also $\frac{1 \text{ g Ion } H^+}{10^7} = 10^{-7} \text{ g Ion } H^+$ und $\frac{1 \text{ g Ion } OH^-}{10^7} = 10^{-7} \text{ g } OH^-$ enthalten.

Da in wässrigen Systemen das Produkt aus H^+ -Ionen + OH^- Ionen-Konzentration konstant ist, bewirkt jede Erhöhung der H^+ -Ionen-Konzentration eine Abnahme der OH^- -Ionen-Konzentration, bis das Produkt wieder konstant ist und umgekehrt.

In reinem Wasser beträgt die H^+ -Ionen-Konzentration und OH^- -Ionen-Konzentration je 10^{-7} , zusammen also 10^{-14} . Durch Zusatz von Säure, die freie H^+ -Ionen enthält, erhöht sich die H^+ -Ionen-Konzentration und die OH^- -Ionen-Konzentration erniedrigt sich bis das Endprodukt 10^{-14} erreicht ist.

Da die Konzentration der einen Ionenart stets durch die andere bestimmt ist, hat man die Konzentration der H^+ -Ionen als Maß für die Acidität bzw. Alkalität genommen. Durch Zusatz von Säuren oder Laugen kann die H^+ -Ionen-Konzentration von 10^{-1} (stark sauer) über den Neutralpunkt 10^{-7} bis zu 10^{-14} (stark basisch) verändert werden. Um den Exponentialausdruck zu vermeiden, gibt man der Einfachheit halber nicht die H^+ -Konzentration an, sondern den Exponenten. Zur Vermeidung der negativen Zahl multipliziert man also mit minus. Diesen negativen Exponenten nennt man pH-Wert.

Der pH-Wert ist temperaturabhängig. Er wird bei einer neutralen Lösung von +10 Grad C mit 7,23 angegeben. Bei + 15 Grad C liegt er bei 7,12 und bei + 20 Grad C bei 7,0 . Um korrekt vergleichen zu können, legt man den pH-Wertangaben zumeist eine Temperatur von + 20 Grad C zu Grunde (101).

II. Methoden zur Feststellung des pH-Wertes.

Zur pH-Wert-Feststellung stehen zwei Methoden zur Verfügung:

1. die kolorimetrische,
2. die elektrometrische.

1. Kolorimetrische Methode.

Bei der kolorimetrischen pH-Wert-Bestimmung kommen flüssige Indikatoren und Indikatorpapiere zur Anwendung.

Früher erfolgten pH-Wert-Feststellungen im Fleisch von Schlachttieren mit Hilfe des Indikators Lackmus. Sie wurden noch 1928 von Andrjewski (1) als einfache Probe auf die "Alcaligenität" des Fleisches ausgeführt.

Nach Hoppe-Seyler und Thierfelder (59) beruht die Möglichkeit zur kolorimetrischen pH-Wert-Feststellung auf der Eigenschaft gewisser Farbstoffe, in wässriger Lösung bei bestimmten pH-Werten ihre Farbe zu ändern oder aus einer ungefärbten in eine gefärbte Form überzugehen.

Die bekanntesten kolorimetrischen pH-Bestimmungsmethoden vergleichen die Färbung, die ein geeigneter Indikator in einer unbekannten Lösung erzeugt mit dem Farbton, den der gleiche Indikator in der gleichen Konzentration bei Zusatz einer Pufferlösung bekannten pH-Wertes ergibt. Bei den einfarbigen Indikatoren ist die eine Form des Farbstoffes farblos, während die andere Form eine Färbung zeigt.

Von Ostertag und Schönberg (100) erläutern die kolorimetrische pH-Meßmethode nach Michaelis-Walpole mit Indikator-Dauerreihen (Nitrophenolen) und die von Schönberg 1938 eingeführte pH-Messung mit Nitrazingelblösung 1:10000. Bei letzterer gibt es folgende Farbunterschiede:

pH 6,0 und darunter	—————>	gelb und klar
pH 6,4	—————>	olivgrün
pH 6,6	—————>	weinrot
pH 6,8	—————>	blauviolett
pH 7,0	—————>	blau

Außer Indikatorflüssigkeiten gibt es noch mit Farbstoffen getränkte Indikatorpapiere, wie z.B. das Lyphan-Papier nach Klotz und das Spezialindikatorpapier "Merck" mit unterschiedlichen pH-Bereichen.

Die pH-Wert-Messung mit diesen Papieren erfolgt in der Weise, daß ein Indikatorpapierstreifen in den zu messenden Stoff, z.B. in Fleisch, mit Hilfe eines Einschnittes eingebracht wird. Die infolge der Durchtränkung z.B. mit Fleischsaft auftretenden Farbveränderungen am Papierstreifen ermöglichen die pH-Wert-Bestimmung anhand einer standardisierten Vergleichs-Farbskala, die mit dem Indikatorpapier geliefert wird.

Roemmele und Mitarbeiter (109) haben durch vergleichende pH-Wert-Untersuchungen mit Nitrazingelb und Indikatorpapieren herausgefunden, daß der pH-Wert-Messung mittels Indikatorpapieren (Spezialindikatorpapier "Merck" und Lyphanpapier) gegenüber flüssigen Indikatoren und Ionometern in der Praxis unbedingt der Vorzug zu geben ist. Das Spezialindikatorpapier "Merck" ziehen sie dem Lyphanpapier vor. Ablesungenauigkeiten von 0,2 bis 0,3 pH-Einheiten spielen nach ihrer Meinung in der Praxis keine Rolle. Die Vorteile liegen vor allen Dingen darin, daß das mitzuführende Untersuchungsbesteck wesentlich weniger umfangreich als bei der Nitrazingelbprobe ist und die Untersuchungen immer gleich an Ort und Stelle in Gegenwart Interessierter oder Betroffener durchgeführt werden können. Außerdem sind Aufbau sowie Reinigung der Geräte wesentlich einfacher und die Beschaffung der Reagenzien ist billiger. Die Methodik ist folgende:

Mittels spitzer Schere und Hakenpinzette wird aus der Tiefe des zu prüfenden Materials, z.B. Fleisch, Fleisch-erzeugnisse, ein möglichst fett- und sehnearmes, etwa erbsengroßes Fleischstück entnommen und auf einem Indikatorpapierstreifen in einem Plexiglaskompressorium gequetscht. Auch hierbei tritt durch den austretenden Fleischsaft ein Farbumschlag des Papiers ein.

Glauning (36) ist aufgrund eigener Untersuchungen ebenfalls von der Brauchbarkeit der Indikatorpapier-Methode in der Praxis überzeugt. Neben der Einfachheit der Anwendung ist der gegenüber Nitrazingelb (6,0 bis 7,0) größere Meßbereich (5,4 bis 7,0) vorteilhafter.

Schönberg (117) ist dagegen der Ansicht, daß die Anwendung des Merck'schen Indikatorpapieres zwar sehr leicht und bequem ist, sich aber im wichtigen Bereich von pH 6,2 und 6,4 nur wenig unterscheidbare Farbumschläge ergäben, während der Farbumschlag bei seiner Nitrazingelbmethode gerade in diesem Bereich sehr scharf erfolgte.

2. Elektrometrische Methode.

Die elektrometrische Methode der pH-Wert-Messung im Fleisch wurde 1926 durch Herzner und Mann (58) sowie von Lukjanovitsch mit einer Chinhydronelektrode eingeführt (zit.nach Makarytscheff (83)).

Die elektrometrische pH-Wert-Messung beruht auf der Tatsache, daß zwischen dem Meßgut und der Meßelektrode ein Ionenfluß vorhanden ist. Zwischen beiden besteht eine Potentialdifferenz, die sich auszugleichen sucht, da sich an der Grenze ein Konzentrationsgefälle ausbildet. Es ist eine ganze Anzahl von elektrometrischen pH-Wert-Meßgeräten im Handel. Sie können alle als Millivoltmeter mit einem großen Eingangswiderstand, stabilem Nullpunkt und einer Möglichkeit, die aufgenommene Spannung anzuzeigen, angesehen werden (80).

So viele Unterschiede auch in der technischen Ausführung der Geräte bestehen, so sind doch alle nach zwei Systemen gebaut:

1. als Gleichstromverstärker
2. als Wechselstromverstärker.

Gemessen wird mit Hilfe einer Glaselektrode, die das Potential an der Öffnung der Innenseite der Glasmembran nach dem Meßwerk weitergibt. Dieses Potential verhält sich proportional zur Differenz im pH-Wert der beiden Lösungen auf den beiden Seiten der Membran.

Außer diesem pH-Proportional-Potential entwickelt die Glaselektrode ein teilweise konstantes Potential, das sogenannte asymmetrische Potential von etwa 10 mV oder 0,2 pH. Das asymmetrische Potential hängt von der Zusammensetzung des Glases der Membran und der Art der Herstellung ab und verändert sich etwas im Laufe der Zeit. Daher muß in bestimmten Zeitabständen nachgeglichen werden.

Die Bezugsselektrode (im allgemeinen eine Kalomelelektrode) hat die Aufgabe, ein Potential zu erzeugen, das vom pH-Wert unabhängig und konstant ist. Das Potential der Glaselektrode kann im Verhältnis zu diesem gemessen werden (80).

In der zugänglichen Literatur werden verschiedene elektrometrische pH-Wert-Meßgeräte zur Anwendung in der Fleischi-hygiene empfohlen. Eine Aufzählung der Geräte muß hier genügen, da sie im Rahmen dieser Arbeit nicht vergleichend auf ihre Anwendbarkeit und Meßgenauigkeit untersucht wurden.

Als erstes sei das pH-Meter 22 der Firma Radiometer, Kopenhagen genannt (35, 99, 115), das von mir zur Überprüfung

der Meßgenauigkeit des bei meinen Versuchen angewandten Batteriegerätes der Firma Hauptner, Solingen, die außerdem noch ein Gerät für Netzanschluß mit der Bezeichnung GV 1 herstellt, benutzt wurde. Außerdem werden das pH-Wertmeßgerät "Heito" PS 18 + 51 (129), das Taschen-pH-Meter Typ 54 (22), dazu Geräte der Firmen Lange, Berlin, Püsl, München, Grillo, Düsseldorf und Metrolun AG., Herisau/Schweiz beschrieben. van Logtestijn (80) hält die pH-Wert-Meßgeräte der Fabrikate Beckmann, Elektrophact, Knick, Philips und Radiometer für in hohem Maße zuverlässig.

Auch ein Gerät zur pH-Wert-Messung bei niedrigen Temperaturen unter Verwendung modifizierter Kalomel- und Glaselektroden, bei denen zur gesättigten KCl - Lösung Polyalkohole, wie Glykokoll oder Glycerin und Hg an Stelle der inneren wässerigen Pufferflüssigkeit der Glaselektrode treten, wird beschrieben. Im gefrorenen Material soll damit bis - 20° C, in Lösungen bis - 30° C gemessen werden können (11).

Früher war der Ionometer nach Lautenschläger gebräuchlich, der aber den Nachteil besitzt, daß er nur in Flüssigkeiten funktioniert. Die neuen elektrometrischen Meßgeräte sind mit relativ stabilen Einsteckelektroden versehen, mittels derer man auch in festerem Untersuchungsgut, wie z.B. im Muskelfleisch, untersuchen kann (142).

Durch Entwicklung von Batteriegeräten und Tragevorrichtungen ist es möglich geworden, elektrometrische Messungen direkt am Schlachtort oder in Fleisch verarbeitenden Betrieben durchzuführen (5).

An Genauigkeit ist die elektrometrische Meßmethode der kolorimetrischen überlegen. van Logtestijn (79) fand beim Vergleich der kolorimetrischen mit der elektrometrischen pH-Wert-Bestimmungs-Methode, daß erstere arbeitsintensiv, zeitraubend und ungenau ist. Die bei der Anwendung der

kolorimetrischen Methode meist erforderliche Verdünnung oder Extraktion des Fleischmaterials verursacht meist Meßfehler in Abhängigkeit zum Verdünnungsgrad. Bei zehnfacher Verdünnung gibt er Fehler von durchschnittlich $0,26 \pm 0,13$ pH-Einheiten an. Zuverlässige Meßergebnisse erhält man nur bei elektrometrischen Messungen.

Auch Römpp (110) hält die elektrometrische Methode für die beste. Er gibt für sie eine Genauigkeit bis auf $0,001$ pH-Einheiten an, während er für Indikatorlösungen und -Papier eine Genauigkeit von nur $0,1$ bis $0,3$ pH-Einheiten angibt.

Für die ambulante Fleischuntersuchung mag die erwähnte Nitrazingelprobe und die Schnellmeßmethode mit dem Merck'schen Indikatorpapier die geeignetste für eine rasche Orientierung sein, zumal neben die einfache Handhabung die geringen Kosten bei der Anschaffung des erforderlichen Materials treten. Außerdem entfallen der kostspielige Ersatz von Elektroden und der Transport von komplizierten und empfindlichen Apparaturen. Für Schlachthöfe und Fleischwarenfabriken ist aber die elektrometrische pH-Messung mit Batteriegeräten die exakteste, schnellste und am einfachsten handzuhabende(44).

III. Der pH-Wert des Muskelfleisches warmblütiger Tiere.

In diesem Kapitel wurde die Systematik des zur Zeit der Vorlage dieser Arbeit im Druck befindlichen Buches von Professor Dr. H. Bartels (2) weitgehend übernommen.

1. Biochemische Vorgänge im Muskel.

a) Während des Lebens.

Die während des Lebens in der Muskulatur ablaufenden biochemischen Vorgänge interessieren deshalb, weil analoge Vorgänge nach Eintritt des Todes in der Muskulatur zu beobachten sind.

Zum Verständnis der in diesem Zusammenhang besonders interessierenden chemisch-physikalischen Vorgänge bei der Muskelkontraktion ist die Kenntnis des histochemischen Aufbaues der Muskelzelle von Bedeutung.

Hamm (53) stellt zusammen, was über die Bauelemente der zwischen 1μ und 100μ dicken Muskelzelle und deren biochemisches Verhalten bekannt ist. Ihre einzelnen Elemente sind die umgebende Bindegewebsmembran (Sarkolemm), die 1μ bis 2μ dicken Fäserchen (Filamente, Myofibrillen), die Kerne und das Sarkoplasma. Das Sarkoplasma setzt sich zusammen aus der reinen Zellflüssigkeit (Matrix) mit darin gelösten Stoffen und fein verteilten Körnchen unterschiedlicher Größe, den sogenannten Grana oder Granula. Dazu gehören die Mitochondrien und die Mikrosomen (sarkoplasmatisches oder endoplasmatisches Reticulum) mit den Lysosomen und Ribosomen, sowie die Liposomen (53, 66).

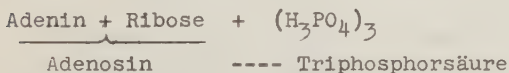
Die Energiegewinnung für die Lebensvorgänge wie Wärme-
produktion, Zellaufbau und Muskelkontraktion geschieht durch Abbau der aufgenommenen Nährstoffe. Die bei diesem Abbau (Verbrennung) frei werdende Energie wird bei der Muskelkontraktion in mechanische Arbeit umgesetzt. Zur

Bewältigung dieser Aufgabe stehen dem Organismus als Mittler zwischen Energielieferung und Energieverbrauch "energiereiche Verbindungen", deren wichtigste die Adenosintriphosphorsäure ist, zur Verfügung (113). Karlson (60) bezeichnet ATP (Adenosintriphosphorsäure) als die eigentliche "Aktionssubstanz" des Muskels, dessen hydrolytische Spaltung die Energie zur Kontraktion liefert.

Im lebenden Gewebe kommt sie und ihre Vor- und Abbaustufen nicht als freie Säure, sondern als deren Salz (Adenosintriphosphat) vor. Die Struktur der ATP zeigt drei Bausteine:

1. Adenin ($C_5H_5N_5$) (Purin-Base)
2. Ribose ($C_5H_{10}O_5$) (Pentose)
3. drei miteinander verknüpfte Ortho-Phosphorsäure-Moleküle (H_3PO_4).

Sie steht den Nucleotiden nahe. Vereinfacht kann man sie wie folgt darstellen:

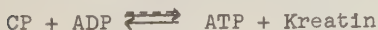


Die Abbaustufen der ATP sind die Adenosindiphosphorsäure (ADP), Adenosinmonophosphorsäure (AMP), die Inosinphosphorsäure (IMP), anorganischer Phosphor (P) (110). Bei diesem Abbauvorgang wird Energie frei gemacht (60).

Nach Karlson (60) ist ATP in höchster Konzentration in der quergestreiften Muskulatur vorhanden.

Hoppe-Seyler und Thierfelder (59) geben an, daß es in der quergestreiften Muskulatur 15 bis 25 Prozent des säurelöslichen Gesamtphosphors ausmacht.

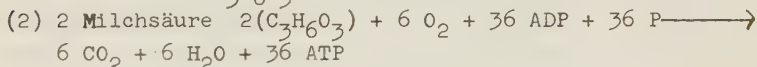
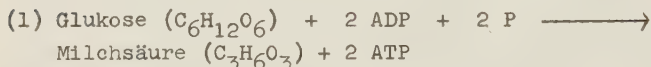
Neben dem ATP steht als eine weitere energiereiche Verbindung das Creatinphosphat ($CP = C_4H_{10}N_3O_5P$) zur Verfügung. Es dient als Energiereserve zur Regeneration der ATP.



Phosphorkreatin ist im Säugermuskel vier- bis sechsmal so viel wie ATP vorhanden. Daher ist eine rasche, von der Glykolyse und Oxydation unabhängige Aufladung von ADP möglich (112).

Beim Nährstoffabbau haben wir nach Hamm (47) zwischen zwei wesentlichen Vorgängen zu unterscheiden, an denen mehr als 20 in der Matrix enthaltene Enzyme (Hamm 53) beteiligt sind:

1. Die anaerob verlaufende Glykolyse.
2. Die aerob verlaufende Atmungsketten-Phosphorylierung, die durch folgende Formeln veranschaulicht werden:



Daß bei der letzten Reaktion wesentlich mehr Energie gewonnen wird, kommt beim Vergleich der beiden Formeln zum Ausdruck.

Nach Martius (89) entstehen nur 5 Prozent der Gesamtenergiemenge aus der Glykolyse, während 95 Prozent aus der Atmungskettenphosphorylierung zur Verfügung gestellt wird. Die aus den obengenannten Reaktionen freiwerdende Energie wird für die während des Lebens ablaufende Muskelkontraktion benötigt.

Die während der Muskularbeit bei mangelhafter Sauerstoffversorgung über die Brenztraubensäure entstehende Milchsäure (48,60) zerfällt unter aeroben Bedingungen teilweise (1/5) zu CO_2 und H_2O und wird zum größten Teil wieder zu Glykogen aufgebaut. Die Brenztraubensäure wird in den Mitochondrien aerob zu CO_2 abgebaut.

Verschiedene Zwischenstufen werden dabei passiert, wozu auch die Citronensäure gehört. Daher nennt man diesen Vorgang "Citronensäurecyclus". Der in diesem Prozeß abgespaltene Wasserstoff wird in der "Atmungskette" mit Sauerstoff zu Wasser vereinigt. Durch diese Reaktion $2\text{H} + \text{O} = \text{H}_2\text{O}$ wird Energie in kleinen Mengen frei, von der ein Teil als Wärme auftritt, während der andere durch die enzymatische Phosphorylierung von ADP zu ATP als chemische Energie gespeichert wird.

Gleichzeitig zerfällt ATP, ADP und CP (25).

1929 entdeckten Lohmann sowie Fiske und Subbarow, daß auch diese wieder resynthetisiert werden. Es besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Auf- und Abbau (zit. nach 135). Zur Resynthese der ATP wird die bei dem Abbau der Nährstoffe freiwerdende chemische Energie verwendet (48).

Am chemisch-physikalischen Vorgang der Muskelkontraktion sind die kontraktile Proteine Actin und Myosin als Bestandteile der Myofibrillen direkt beteiligt.

Bei Kontraktion des Muskels gleiten die Actin-Filamente teleskopartig zwischen die dickeren Myosin-Filamente unter Bildung eines Actomyosinkomplexes, was elektronenoptisch festgestellt werden konnte (66).

Myosin hat Enzym-Wirkung (ATP-ase-Wirkung), wodurch das im Muskel anwesende ATP zu ADP und anorganischem P gespalten wird. Dadurch wird die zur Kontraktion nötige Energie freigesetzt (53, 66).

Auch nach Szent-Györgyi (127) beruht die ATP-induzierte Kontraktion auf der Vereinigung der Muskeleiweiße Actin und Myosin.

Solange kein ATP gespalten wird, vereinigen sich diese Muskeleiweiße nicht, sie bleiben dissoziiert, der Muskel bleibt schlaff. Diese Weichmacher- oder Plastizitätswirkung der ATP fanden 1939 Engelhard und Ljubimova.

Sie ist vorhanden, wenn ATP nicht abgebaut wird. Wenn die Myosinfäden (ATP-ase-Wirkung) ATP spalten, wird die Kontraktion induziert. Wahrscheinlich helfen freie -SH-Gruppen, das ATP an Actomyosin zu binden. Während der Ruhe wird die Energie der Phosphatverbindungen nicht frei gemacht, sondern ATP dient an Actomyosin gebunden als Weichmacher. Man kann also sagen, daß die ATP bei ihrer Spaltung kontrahierend, bei ihrer Resynthese, unter Inaktivierung der ATP-ase-Wirkung des Myosin, weichmachend wirkt (39, 66, 136). Für die Unangreifbarkeit des ATP in der Ruhe muß die Verbindung zu anderem Protein verantwortlich sein. Während der Arbeit wird ATP zu Myosin "transproteidiziert". Dann kommt die katalytische Wirkung des Myosin zur Geltung und ATP wird dephosphoryliert. ADP sorgt für die Trennung, da es geringere Affinität zu Myosin hat. Myosin kehrt zum physikalischen Anfangsstatus zurück. ADP wird von anderen Enzymsystemen übernommen und rephosphoryliert. "Die Ursache der Muskelkontraktion ist die Wirkung der Transproteidisation, die durch verschiedene Affinität der ATP und ADP bewirkt wird". "Aktivität des Myosin auf ATP ist das für die Muskelkontraktion fundamentale Phänomen" (94).

Starker Zusatz von ATP zum Muskel ruft durch die damit verbundene Hemmung des ATP-ase-Systems langandauernde Plastizitätswirkung hervor (112).

Durch das Studium der Totenstarre, des rigor mortis, erhielt man tiefere Einblicke in das Geschehen bei der Kontraktion und Relaxation des Muskels. So stellte man fest, daß bei der Rigor-Entstehung eine langsame, verzögerte Phase (delay period) und eine spätere, schnelle Phase (rapid phase) des ATP-Abbau aufeinander folgen (94).

Nachdem früher angenommen wurde, daß diese Verzögerung nur durch ein Gleichgewicht zwischen ATP-Abbau und ADP-Resynthese zustandekommt, deren Energie die Glykolyse liefert, stellte Marsh durch Versuche am Walmmuskel fest, daß obiges Gleichgewicht nicht der Grund ist, sondern eine echte Hemmung der ATP-Spaltung. Trotz verzögerter Glykolyse und damit für die Resynthese von ATP fehlender Energie, stellte er eine Verzögerung der ATP-Spaltung im Walmmuskel fest (87).

Dieser hemmende Faktor wurde nach den Entdeckern "Marsh-Bendall-Faktor" genannt. Bendall isolierte diesen Faktor in Form kleiner Grana im sarkoplasmatischen Reticulum, die ein Enzym-System für den aktiven Transport von Ca besitzen. Pro Ca_2^{++} -Ion, das nach innen transportiert wird, wird ein Mol ATP benötigt (66).

Der Marsh-Bendall-Faktor ist nur in Gegenwart von Mg^{++} -Ionen wirksam und wird gehemmt durch Ca^{++} -Ionen, die die hemmende Wirkung des Faktors auf die ATP-ase-Wirkung teilweise aufheben, wodurch die rasche Phase des ATP-Abbau zu erklären ist. Es handelt sich also um eine echte Hemmung und nicht um eine Denaturierung des Marsh-Bendall-Faktors (48,91).

Nach Parker und Mitarbeitern (86) beruht die hemmende Wirkung von Ca_2^{++} -Ionen auf den Erschlaffungsfaktor auf der Hemmung einer erschlaffend wirkenden Substanz. Diese wiesen die obengenannten Autoren im Marsh-Bendall-Faktor nach.

Im ruhenden Muskel muß ein System vorhanden sein, in dem die ATP-ase-Wirkung des Myosin durch Ca_2^{++} -Mangel weitgehend gehemmt ist. Durch Einstromen von Ca_2^{++} -Ionen kommt es zur "Erregung" und ATP-Spaltung (66).

Szent-Györgyi (127) faßt den ganzen Kontraktionscyclus wie folgt zusammen:

"Durch die ATP-ase Wirkung des Myosin wird die Kontraktion eingeleitet mittels Assoziation von Actin und Myosin. Dabei erfolgt ATP-Abbau und dadurch Erschlaffung durch Resynthese des an Myosin gebundenen ADP und Dissoziation des Actomyosin. Bei der Relaxation ist der die ATP-ase-Wirkung hemmende Marsh-Bendall-Faktor wirksam und durch Mg^{++} aktiviert. Bei der Kontraktion soll ein Austausch des lokalisierten Mg mit Ca eine Unterbrechung des Hemmungsfaktors bewirken, unter Entfaltung der ATP-ase-Wirkung, die zur Kontraktion führt. Die Kontraktion ist energieverbrauchend, die Relaxation energieliefernd".

b) Mit Eintritt des Todes.

Mit Eintritt des Todes hört die Nährstoffzufuhr und die Atmung auf. Dadurch kommt die oxydative Phosphorylierung zum Erliegen, das energiereiche Phosphat nimmt ab. Das dynamische Gleichgewicht zwischen Synthese und Resynthese hört auf, alle Reaktionen verlaufen nur noch in Richtung zum Abbau. (39).

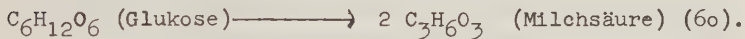
c) Nach dem Tode.

aa) Der pH-Wert-Abfall.

Die postmortalen Veränderungen sind anaerobe Fermentreaktionen. Durch Ausschaltung der oxydativen Zerfallreaktionen wird der Wiederaufbau des Glykogen und der organischen P-Verbindungen unterbunden. Bereits in den ersten Stunden p.m. reichern sich bedeutende Mengen von Milchsäure und Orthophosphaten an, was zu einer starken Verschiebung der neutralen oder schwach alkalischen Reaktion des lebenden Muskels nach der sauren Seite führt. Diese ist stärker als bei Ermüdung im lebenden Muskel (25).

van Oyen (101) bezeichnet die pH-Wert-Senkung als eine fermentative Glykolyse des Muskel-Glykogen zu Milchsäure. Da eine quantitative Glykogenbestimmung im Fleisch umständlich ist, hält er die pH-Wert-Messung für einen wichtigen Gradmesser des Glykogenabbaus und benutzt selbst die kolorimetrische Methode.

Die Glykolyse, auch "Embden-Meyerhof-Schema" oder "Embden-Meyerhof-Parnas-Schema" benannt, läuft nach der Summengleichung:



Die Glykolyse läuft so lange, bis entweder das Glykogen verbraucht ist oder ein pH-Wert von 5,4 unterschritten wird, wodurch die Enzyme unwirksam werden (72).

Auch nach Hamm (51) hört der Kohlehydratabbau bei ungeeignetem pH-Wert auf, auch wenn noch spaltbare Kohlehydrate vorhanden sein sollten. Dieser ungeeignete, das Ferment-system inaktivierende pH-Bereich liegt zwischen 5,0 und 5,5 und entspricht dem isoelektrischen Punkt des Myosin.

Dieser für Fleisch niedrige pH-Wert wird aber nur in sehr glykogenreicher Muskulatur erreicht. Solche ausreichenden Glykogenmengen sind nur bei optimal gefütterten Tieren, die gesund und vollkommen ausgeruht zur Schlachtung gelangen, vorhanden. Anderenfalls findet die Glykogenolyse ihr vorzeitiges Ende ohne Erreichen des gewünschten niedrigen pH-Wertes. Der isoelektrische Punkt des Myosin wird nicht erreicht.

Diemair und Mollenkopf (zit.n.78) bringen die engen Beziehungen zwischen Glykogen, Milchsäure und pH-Wert am Beispiel der Schulterblattnuskulatur vom Rind in der folgenden Tabelle zum Ausdruck:

	<u>direkt p.m.</u>	<u>24 h p.m.</u>
Glykogen:	714 mg/%	82 mg%
Milchsäure:	283 mg%	743 mg%
pH-Wert:	6,82	5,94

Mit der Abnahme des Glykogen ist also eine Zunahme der Milchsäure und Erniedrigung des pH-Wertes gekoppelt.

Grau und Günther (41) berichten, daß bei der pH-Wert-Senkung post mortem nicht nur die Milchsäurebildung, sondern auch andere Säuren eine wesentliche Rolle spielen. Die Konzentrationen der anderen Säuren ändern sich bei der Reifung und erreichen die Menge der Milchsäure. Berücksichtigt man noch die Stärke der verschiedenen Säuren auf Grund ihres verschiedenen Dissoziationsgrades, so erscheint es fraglich, ob die Milchsäure stets am meisten zum pH-Wert beiträgt. Die Verfasser empfehlen, Natur und Menge anderer Säuren gaschromatographisch aufzuklären.

bb) Die Totenstarre.

Mit der Säuerung des Fleisches läuft ein Starrwerden, eine Härtung und Verkürzung der Muskulatur parallel. Dieses "Totenstarre" oder "rigor mortis" genannte Phänomen entwickelt sich in der Regel in folgender Reihenfolge: Herz, Zwerchfell, Kopf- und Halsmuskulatur, Brustgliedmaßen, Beckengliedmaßen. Die Lösung der Starre erfolgt in der gleichen Reihenfolge (30).

Während die Totenstarre früher als Quellungs- oder Gerinnungsvorgang aufgefaßt wurde (23,101), weiß man heute, daß ihr der gleiche Chemismus und Mechanismus wie der Muskelkontraktion während des Lebens zugrunde liegt (16).

Bongert (14) bezeichnet sie als Quellung der Muskelsubstanz durch Zunahme der Fleischmilchsäure, während früher eine Gerinnung des Myosin verantwortlich gemacht wurde (23).

In der Tat läuft eine Milchsäureansammlung mit der Bildung des Rigor einher, da eine Oxydation der Milchsäure infolge frühzeitigen Zerfalls der Atmungsfermente nicht mehr stattfindet (16).

Daher kann man die Rigor-Entstehung auch als Erstickungsvorgang auffassen (58, 111, 120). Nicht die Milchsäurebildung, sondern der ATP-Schwund durch Sistieren der Atmungskettenphosphorylierung, der der Glykolyse parallel läuft, ist tatsächlich die Ursache der physikalischen Veränderung (132).

Diese Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Muskels stehen nicht nur im Verhältnis zum ATP-Schwund, sondern auch zum pH-Wert-Abfall. Der Rigor-Höhepunkt ist mit dem End-pH-Wert erreicht (48, 95).

Marsh-(87) bringt die Zusammenhänge zwischen pH-Wert und ATP-Abbau durch folgende Tabelle zum Ausdruck:

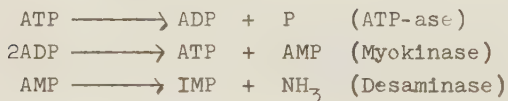
pH-Bereich	Der säurelabile Phosphor von ATP ausgedrückt als prozentualer Anteil am Gesamtbetrag des säurelöslichen P.			
	Mittelwert	±	Standardabweich.	
über 6,60	20,5	±	1,5	
6,59 - 6,40	19,0	±	2,5	
6,39 - 6,20	16,0	±	2,5	
6,19 - 6,00	13,0	±	2,5	
5,99 - 5,80	8,0	±	3,0	
5,79 - 5,60	5,0	±	2,5	
5,59 - 5,40	3,0	±	1,5	

Der Ablauf der Totenstarre kann durch pH-Wert-Messungen verfolgt werden, da, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, der pH-Wert in Beziehung zum ATP-Abbau steht. Das ist in der Praxis wesentlich einfacher als die Bestimmung des ATP-Gehaltes (48).

Hamm (48) bezeichnet den Rigor als "langsame, irreversible, physiologische Kontraktion". Die Energie hierzu kommt aus der ATP-Dephosphorylierung, wobei Phosphorkreatin allenfalls neben der Glykolyse als Energiequelle zur Resynthese des ATP dient (135).

Adenosintriphosphat (ATP) wirkt dabei selbst als Kontraktionsmittel. Es wird zum Adenosindiphosphat (ADP) und zum Adenosinmonophosphat (AMP) und weiter unter Desaminierung zu Inosinmonophosphat (IMP) und zum anorganischen Orthophosphat bei geeignetem pH-Wert abgebaut. Die nicht mehr durch Ausatmen entweichende Kohlensäure kann bei der damit verbundenen pH-Wert-Erniedrigung neben der Milchsäurebildung eine Rolle spielen (33, 101).

Nach Bendall (8) sind die Hydrolyse des Glykogen und der ATP die wichtigsten postmortalen Vorgänge. Dabei wird der ATP-Abbau mit zunehmender Hydrolyse des Glykogen, die durch pH-Wert-Senkung zum Ausdruck kommt, beschleunigt. Eine Resynthese der ATP ist nur so lange möglich, wie Phosphorkreatin oder Glykogen als Energiedonatoren noch vorhanden sind. Für den fermentativen ATP-Abbau gibt er folgendes Schema an:



Die ATP-Spaltung läuft der Entwicklung der Totenstarre also parallel und ruft sie auch hervor (48).

Bendall und Bate-Smith (zit. n.94) haben diese Beobachtungen gestärkt durch Versuche mit Muskeln von gut- und schlechternährten Tieren, vor oder nach der Arbeit und nach Insulininjektionen, wodurch eine Glykogenverarmung im Muskel provoziert wurde. Der Rigor trat auch ohne Milchsäurebildung ein.

Ist ATP geschwunden, so können sich die kontraktile Proteine Actin und Myosin vereinigen, und es kommt zum Rigor (8).

Starker Zusatz von ATP zum Muskel hemmt das ATP-ase-System und bewirkt langandauernde Plastizität, bis ATP endgültig aufgebraucht ist (112).

Durch Bindung der Mg^{++} -Ionen an Actomyosin und der Ca_2^{++} -Ionen an den Marsh-Bendall-Faktor wird letzterer inaktiv und Myosin aktiv. Die bis dahin gehemmte ATP-Spaltung beginnt. Wenn die Spaltung des ATP ohne allzu starken Abfall des ATP-Niveau erfolgt, kann man eine relative Erholung des Muskels, was durch langsame pH-Wert-Senkung zum Ausdruck kommt, feststellen. Wenn der ATP-Gehalt praktisch erschöpft ist, setzt erst der rigor mortis ein (136).

Der Rigor ist wesentlich dadurch bedingt, daß die Wirkung des Marsh-Bendall-Faktor fehlt und die Bindungen zwischen Actin und Myosin bestehen bleiben (8, 66).

Eine besondere Form des Rigor ist der sogenannte "Taurigor", eine Kontraktion des Muskels während des Auftauens. Er ist auf die gleichen Zusammenhänge zurückzuführen. Beim Gefrieren und Auftauen wird die Ca-Bindung zum Eiweiß gelockert, und Ca_2^{++} -Ionen werden frei, was sich durch einen schnellen Ablauf der einzelnen Rigorphasen bemerkbar macht (103).

Der Taurigor tritt nur auf, wenn Fleisch vor Eintritt der Totenstarre eingefroren worden ist. Er entwickelt sich viel schneller als der normale Rigor und hängt von der Geschwindigkeit des Auftauens ab. Ursache ist eine überstürzte Dephosphorylierung von ATP. Man kann folgern: Gefrieren und Auftauen heben die Wirkung des Marsh-Bendall-Faktors auf. Die ATP-ase-Wirkung kommt voll zur Geltung. Der gegenüber Temperatursenkung und Alterung stabile Marsh-Bendall-Faktor wird beim Gefrieren nicht zerstört, sondern die Ca_2^{++} -Ionen werden inaktiviert (48).

cc) Die Wasserbindung.

Die hervorragende Wasserbindung des schlachtwarmen Fleisches hängt vom pH-Wert und ATP ab. (Hydratisierende Wirkung). Die postmortale Abnahme der Wasserbindung hängt zu zwei Dritteln vom ATP-Abbau und zu einem Drittel von der Milchsäurebildung (pH-Wert-Senkung) ab. ATP-Zusatz und pH-Wert-Erhöhung bei abgehangtem Fleisch bewirken jedoch nicht eine Erreichung der Hydratationsverhältnisse wie im schlachtwarmen Fleisch, da ATP zu rasch abgebaut wird und eine kräftige Kontraktion vorhanden ist. Die Weichmacherwirkung entspricht immer einer Hydratationserhöhung, die Kontraktion einer Dehydratisierung der Muskelproteine (45).

Fleisch hat kurz nach der Schlachtung ein großes Wasserbindungsvermögen, welches parallel zur pH-Wert-Senkung und zum ATP-Abbau während ein bis zwei Tagen geringer wird, um bei Erreichen der tiefsten Säuerung sein Minimum zu erlangen.

Dieses Minimum an Hydratation fällt zeitlich mit dem Maximum an mechanischer Festigkeit des Muskels beim Höhepunkt des rigor mortis zusammen (49).

Hamm (zit.n.39) hat die Frage der Vorsalzung schlachtwarmen Fleisches und die Erhaltung seiner guten Bindefähigkeit über mehrere Tage untersucht. Es scheint, daß die im schlachtwarmen Fleisch noch vorhandene ATP eine große Rolle spielt, welche im ausgekühlten Fleisch nicht mehr vorhanden ist. Die Weichmacherwirkung der ATP, die gleichbedeutend ist mit der Aufrechterhaltung eines hohen Hydratationszustandes, wird von allen Salzen ausgeübt, die Ca komplex binden oder fällen können. Beim Salzen wird die durch ATP gegebene kräftige Hydratation durch Bindung von Cl^{++} -Ionen weiter erhöht.

Wismer-Pedersen und Mitarbeiter (140) bestimmen die Wirkung des pH-Wertes und des Einsetzens der Totenstarre auf das Wasserhaltevermögen des Gewebes durch die "loose-water-Nummer" (LW), die die Wassermenge in mg ausdrückt, welche aus einem Gramm Fleisch unter Standard-Bedingungen ausgedrückt wird.

cc) Die Fleischfarbe.

Trotz gleichen Myoglobingehaltes des frisch geschlachteten und länger abgehangenen Fleisches ist das schlachtfrische etwas dunkler als abgehangenes. Die Ursachen sind physikalischer Natur. Im schlachtwarmen Fleisch lassen die gequollenen Fibrillen das Licht tief in das Myoglobin eindringen und absorbieren es teilweise, während die geschrumpften Fibrillen das Licht stärker reflektieren, so daß es heller erscheint (54, 55, 69, 78, 95).

Die Farbtiefe des Fleisches ist auch pH-Wert-abhängig. Fleisch mit niedrigem pH-Wert hat eine hellere Farbe.

"Dark cutting beef" ist blauschwarzes Rindfleisch von Tieren, die vor der Schlachtung stark erregt waren. Die Erregung hat dabei eine Wirkung auf den Adrenalinmechanismus, wodurch die Blutglukose auf Kosten des Gewebsglykogens mobilisiert wird. "Derartiges Fleisch ist klebrig und gummös, hat einen hohen pH-Wert und niederen Glykogen-Gehalt" (143, 144).

Nach Wismer-Pedersen (140) ist das Fleisch mit schneller Glykolyse, das heißt schnellem Erreichen eines tiefen pH-Wertes, blass, was er auf eine teilweise Denaturierung der Muskelproteine zurückführt. Dabei steigen die "loose-water-Nummern" rapide an.

Bei spontan ablaufenden Farbveränderungen findet eine echte Oxydation des Fe_2 zu Fe_3 unter Bildung des braunen Metmyoglobins statt (39).

Bei sehr tiefen Temperaturen gefrorene Steaks ($-100,8^\circ \text{C}$ bis -195°C) haben eine dunkle Farbe, die beim Auftauen wieder rot wird (143).

ee) Die Reifung.

Nach dem Erreichen des Rigor-Höhepunktes setzt allmählich die Lösung der Starre ein. Dieser Vorgang wird als die eigentliche Fleischreifung bezeichnet. Er ist ein abakterielles, enzymatisches Geschehen, wobei die gewünschten Fleischeigenschaften entstehen. Bongert (14) bezeichnet frisch geschlachtetes Fleisch als zäh, derb, elastisch und saftarm und nach der Zubereitung als fade schmeckend, schwer kaubar und saftlos. Abgehängtes (also gereiftes Fleisch) sei weich, saftig, aromatisch und von leicht säuerlichem Geruch.

Solches Fleisch zeichnet sich nach von Ostertag (99) durch schnelles Garwerden, große Schmackhaftigkeit und Zartheit aus. Die Reifung sei ein rein enzymatischer Vorgang, teils hydrolytischer, teils reduzierender Natur.

Glage (zit.n.14) bezeichnet sie als physiologische Destruktion, Salkowski als Autodigestion.

Nach Koller (69) werden für die Reifung andere Ausdrücke wie "Mortisation, Autodigestion, Abliegen, einfach saure Gärung oder Autolyse" gebracht. Dabei werden Eiweißstoffe unter Entstehung von NH_3 und H_2S abgebaut.

Die biochemischen Vorgänge, die zu den organoleptischen Veränderungen führen, sind noch wenig geklärt. Man nimmt heute an, daß fleischeigene, proteolytische Enzyme (Zellfermente) die langen, schwer verdaulichen Eiweißketten in kürzere, leichter verdauliche Abschnitte zerlegen. Nach Dahl (21) hat dieser Prozeß des Zartwerdens nichts mit dem Bindegewebe, sondern nur mit den Muskelproteinen zu tun.

Dräger (24) gibt an, daß die Reifung bei hoher Temperatur schnell, in Gefrierpunktnähe langsam vonstatten¹geht

und im Kühlhaus bei + 4° C nach zwei Wochen (nach Lang (73) drei Wochen) beendet ist. Beim Gefrieren findet keine Reifung statt. Er gibt als Reifungsdauer bei einer Temperatur von $\pm$ 0° C bis + 1° C vier bis sechs Tage, bei + 4° C ca. drei Tage an.

Diemair (23) gibt für die Reifung, bei der der Rigor gelöst wird, bei + 1° C bis + 3° C drei Tage an.

Nach Grau (39) und Hamm (51) zerlegen proteolytische Fermente (Enzyme der Kathepsin-Gruppe) große Eiweißmoleküle, wodurch die Muskelfibrillen aufgeweicht werden. Dieser Vorgang läuft nur in saurem Medium ab. Durch die Abstumpfung der Säure mit alkalischen Abbauprodukten der Proteolyse steigt der pH-Wert vom Tiefpunkt wieder langsam an, um nach 72 Stunden wieder etwa die Höhe frisch geschlachteten Fleisches zu erreichen (16).

Nach Lerche, Goerttler, Rievel (72) ist die Reifung abhängig vom Glykogengehalt des Fleisches, der wiederum von intravitalen Einflüssen abhängt. Die Menge der gebildeten Milchsäure ist für die Reifung und Haltbarkeit von Bedeutung, da eine tiefe Säuerung auf pH 5,0 bis 5,5 für die bei der Fleischreifung wirksamen Hydrolasen (Kathepsinasen) optimale Voraussetzungen schafft. Außerdem wird das Bakterienwachstum in diesem pH-Bereich stark gehemmt.

Die Milchsäurebildung ist aber nur die Einleitung der Reifung. Sie führt zur Aufhebung des Membranwiderstandes der Zellen und damit zur freien Diffusion der Ionen mit raschem Ausgleich des pH-Wertes durch das gesamte Muskelgewebe. Dabei erfolgt nach Grau (39) ein langsamer Anstieg vom isoelektrischen Punkt an. Von pH 6,4 an beginnt die Gefahr bakteriellen Verderbs.

Frühwald (31) bezeichnet die Reifung als einen Teil der Säuerung. Sie ist eine anaerobe Fermentreaktion, bei der am Ende ein pH-Wert von 5,6 bis 5,8 erreicht wird.

2. Bisher gefundene pH-Werte bei Schlachtschweinen.

In den Jahren 1925 und 1926 führten Lenfeld (76) und seine Schüler kolorimetrische pH-Messungen im Fleisch notgeschlachteter Tiere durch. Nach der Schlachtung geben sie Werte von 6,6 bis 7,2 pH an, die sich bis zum Maximum der Säuerung auf pH 5,6 bis 5,8 senken. Über die Temperaturen, denen das Fleisch ausgesetzt war, machen sie keine Angaben. Dann steigen die pH-Werte je nach der Aufbewahrungs-Temperatur mehr oder weniger schnell an.

Zur gleichen Zeit berichten auch Herzner und Mann (58) über elektrometrische pH-Wert-Messungen mittels einer Chinhydronelektrode bei wässrigen Auszügen von Rind-, Schweine- und Pferdefleisch. Sie hielten Fleisch mit einem pH-Wert von 6,0 bis 6,2 schon nicht mehr für einwandfrei, während solches mit noch höheren pH-Werten als verdorben anzusehen war.

Andrjewski (1) veröffentlichte 1928 Ergebnisse von pH-Wertmessungen im gefilterten Muskelwasserextrakt mittels der kolorimetrischen Methode nach Michaelis bei allen schlachtbaren Haustieren. Frisches Fleisch erreiche in 80 Prozent der Fälle innerhalb eines Tages von einem Anfangs-pH-Wert von 6,7 einen End-pH-Wert von 6,0. Bei den übrigen 20 Prozent träten Abweichungen von 0,1 bis 0,2 pH-Einheiten auf. pH 6,5 gab er als Genußtauglichkeitsgrenze an.

Dohnal und Vacchu und Fooy bestätigen seine Ergebnisse (zit.n.56).

Magsaam (82) untersuchte mit dem elektrometrischen Ionometer nach Lautenschläger gut zugängliche Muskeln von 14 Schweinen, wie : M. tibialis anterior, Herz- und Zwerchfellmuskulatur. Er stellte fest, daß durch den Gehalt eines Muskels an Fett, Blut und Bindegewebe dessen pH-Wert

bedeutend erhöht wird, und daß die pH-Änderung bei längerer Aufbewahrung bei $\pm 0^{\circ}$ C unregelmäßig und ohne Gesetzmäßigkeit ist. Die tiefste Säuerung findet er nach 5 Stunden mit pH 5,59. Nach 24 Stunden liegen sämtliche Werte über pH 6,4. pH-Grenzwerte zur Beurteilung von Schlachtschweinen konnte er nicht festsetzen. Er schlägt weitere Untersuchungen mit Fleisch abgehetzter und notgeschlachteter Tiere zur Klärung der Probleme vor. Diese führte Jungclauss durch (63). Sie ergaben, daß nur in Ausnahmefällen bei Fleisch von kranken Rindern im Kühlhaus innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Schlachtung eine Säuerung unter pH 6,2 festzustellen ist. Bei Fleisch kranker Schweine tritt die von Magsaam beobachtete tiefe Säuerung unter 6,0 fünf Stunden nach der Schlachtung nicht ein. van Oyen (101) benutzte zur Messung der H^{+} -Ionen-Konzentration ebenfalls die kolorimetrische Methode und ermittelt für das Schwein folgende Werte:

	<u>mittlerer-</u>	<u>höchster-</u>	<u>niedrigster Wert</u>
sofort nach Schlachtung	6,4	6,5	6,3
nach 24 h	5,9	6,2	5,7

Harling (56) stellte mit Bromthymolblau und Bromkresolpurpur an 116 Schweinen pH-Messungen zur Feststellung der Transportermüdung von Schlachttieren an. Eine halbe Stunde und 24 Stunden nach der Schlachtung gemessene Werte geben Aufschluß über den Zustand der Tiere vor der Schlachtung. Die Werte lagen bei schlecht ausgebluteten Schweinen immer über pH 6,2.

Langpap (74) untersuchte den pH-Wert des Schweinefleisches nach Transporten und Transportschäden, wobei es oft die kritische Grenze von 6,4 bis 6,5 erreicht oder gar überschreitet. Methode und Temperatur gibt er nicht an.

Raschke (108) untersuchte den pH-Wert in Schinken verschiedener Herkunft am Ort der Verarbeitung und unterteilte sie in drei Gruppen:

1. Schinken, die in großen Schlachthöfen erschlachtet wurden;
2. Schinken, die in Seegrenzschlachthöfen erschlachtet wurden;
3. Schinken, die in kleineren Schlachthöfen oder Schlachtbetrieben erschlachtet wurden.

Es konnten Qualitätsunterschiede hinsichtlich der Herkunft der Schinken festgestellt werden. Ware, die auf größeren Schlachthöfen erschlachtet wurde, zeigte im Durchschnitt einen höheren pH-Wert als Ware, die in Seegrenzschlachthöfen, kleineren Schlachthöfen oder Schlachtbetrieben erschlachtet wurden. Als Grenze, von der an mit einer verminderten Haltbarkeit zu rechnen ist, setzte er einen pH-Wert von 6,2 fest.

Raschke führte die weniger guten Ergebnisse von großen Schlachthöfen auf die weiten Antransportwege zurück und weist, wie schon früher Bartels (3, 4), auf die Notwendigkeit der schonenden Behandlung der Schlachttiere, leichte Fütterung nach dem Transport, Gewährung ausreichender Ruhezeiten und Anwendung einer modernen Schlachtmethode, sowie der völligen Durchkühlung des Fleisches hin.

Bendall und Mitarbeiter (9) fanden bei Schweinen eine Gruppe mit schnellem und eine mit langsamem Ansteigen des Säuregrades. Zehn Minuten nach dem Stechen war kein nennenswerter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. In einer Gruppe fiel der pH-Wert um 0,25 pro Stunde bis zum Erreichen von pH 6,5 und anschließend um 0,65 pro Stunde bis pH 5,6.

In der zweiten Gruppe fiel er um 1,05 Einheiten pro Stunde während 70 Minuten nach dem Tode und erreichte den End-pH-Wert in 150 Minuten. Das Fleisch der ersten Gruppe war ausnahmslos von guter Qualität, während das der zweiten Gruppe mehr oder weniger blaß und wässrig war.

Wismer-Pedersen und Briskey (140) untersuchten elektrometrisch die pH-Änderung im M.Longissimus dorsi von Schweinen bei + 3° C und fanden vier verschiedene Typen der pH-Änderung:

1. Langsame Abnahme des pH auf 5,7 bis 6,3 in 24 h;
2. Langsame Abnahme des pH auf 5,7 in 8 h und späteres Erreichen eines pH-Endwertes von 5,3 bis 5,7;
3. Rasche Abnahme des pH auf 5,5 in 3 h und einem End-pH-Wert von 5,3 bis 5,6;
4. Sehr schnelle Abnahme des pH auf 5,1 in eineinhalb Stunden und anschließendem Anstieg auf 5,3 bis 5,6.

Die Unterschiede beruhen auf verschiedener Geschwindigkeit des Glykogenabbaues. Der Typ 4 hat viel Glykogen und erreicht die Totenstarre in 30 bis 45 Minuten. Beim Typ 2 dauert der Eintritt des rigor mortis 4 bis 6 Stunden. Die Autoren illustrieren dies durch die Glykogen- und Milchsäurebestimmung. Weiterhin prüften sie die Einwirkungen verschiedener Temperaturen auf den postmortalen pH-Wertverlauf.

In einer anderen Arbeit sagen dieselben Autoren aus (141), daß das Fleisch wenn es nach der Schlachtung noch eine Stunde im Brutschrank bei + 37° C gehalten und dann normal bei + 3° C gekühlt wird, einen sehr raschen pH-Wert-Abfall zu verzeichnen hat und daß es vor allem bei niedrigem Anfangs-pH-Wert zu einem Wasserverlust bis zu 6 Prozent kommen kann. Wird der Muskel jedoch

in eine Salzmischung von -2°C verbracht, bis er auf $+3^{\circ}\text{C}$ abgekühlt ist, und dann bei $+3^{\circ}\text{C}$ aufbewahrt, sinkt der pH-Wert wie bei Typ 2 nur sehr langsam und auch der Wasserverlust liegt nur bei 1,37 Prozent, die Farbintensität ist wesentlich besser als bei der obengenannten Behandlung und einer konservativen Abkühlung bei $+3^{\circ}\text{C}$.

van Logtestijn und Mitarbeiter (79,80) ermittelten stündlich den pH-Wert des Fleisches bei 80 Schweinen mit elektrometrischen Meßinstrumenten, und zwar im Labor mit einem Elektrofakt-Gerät, dem Präzisionsgerät Typ 53 A mit einer Meßgenauigkeit von 0,01 pH, während in den Schlachthäusern das tragbare Philips-Gerät Typ PR 9401 und einer maximalen Meßgenauigkeit von 0,02 pH verwendet wurde. Es ergab sich dabei, daß der pH-Wert des M. adductor vom Schwein und der des M. gracilis der anderen Tiere sich als sehr repräsentativ für den Durchschnitts-pH-Wert aller Muskeln bei einem normalen Schlacht tier erwies. Dabei fanden sie ähnliche pH-Wert-änderungen wie Briskey und Wismer-Pedersen. Beim Schwein konnten sie die von ihnen beschriebenen drei ersten Typen bestätigen, während der 4. Typ nicht zu beobachten war. Der End-pH-Wert war immer innerhalb 24 h erreicht, bei 65 Prozent bereits nach 8 h.

Außerdem untersuchten sie nach 24 Stunden ~~in~~ die pH-Werte im M.gracilis von 200 (75 bis 100 kg schweren) Schweinen und 42 älteren Sauen. Davon hatte der Muskel von drei Schweinen einen pH-Wert von 5,3. Dieses Fleisch war blass und wässerig. 57 Schweine hatten Werte von 6,2 und höher. Der Transport der Tiere sei weniger von Einfluß als der Zustand vor dem Transport.

Auf Grund seiner Untersuchungen schlägt van Logtestijn für Schlachtschweine eine Einteilung des pH-Verlaufes in drei Gruppen vor:

- Typ 1: Eine mehr oder weniger schnelle, maximal 8 h dauernde pH-Senkung auf einen Endwert höher als 6,5 (ungenügende Glykolyse, dunkles Fleisch);
- Typ 2: Eine allmähliche Senkung, maximal 24 h dauernd, auf einen pH-Endwert zwischen 5,6 und 6,5 ("normales" Fleisch, mit doch noch ziemlich unterschiedlichen Eigenschaften);
- Typ 3: Eine schnelle pH-Senkung auf 6,0 oder niedriger innerhalb 45 Minuten nach dem Tode und pH-Endwert im allgemeinen niedriger als 5,6 (degeneriertes Fleisch).

Nach seinen Ergebnissen zeigten ungefähr 40,1 Prozent der untersuchten Tiere eine Senkung nicht unter 6,0 und davon kamen immerhin 6,6 Prozent nicht unter einen pH-Wert von 6,5 (Typ 1), während 22,7 Prozent eine Senkung vom Typ 3 aufwiesen. Zwischen Schweinen verschiedener Mastbetriebe wurden erhebliche Unterschiede im pH-Verlauf festgestellt.

Außer den Messungen von pH-Werten im Fleisch der Schlachtschweine beschäftigen sich einige Autoren mit pH-Messungen von durchgedrehtem Fleisch und Fleischauszügen. Blanchard und Mitarbeiter (12) untersuchten durchgedrehtes und in aqua dest. gelöstes Fleisch und fanden nach 24 h ohne Unterschied ob Notschlachtung, Normalschlachtung, und Tierart Werte von 5,6 bis 5,8. Nur "abgehetztes" Fleisch ergab Werte über 6,2. Außerdem untersuchten sie im Extrakt den pH-Wert vom Schlachten bis zum Verkauf. In der ersten Phase fiel der pH-Wert von 6,8 bis 6,0 oder tiefer in 24 bis 48 h, blieb in der zweiten Phase je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit 2 bis 5 Tage konstant, um dann in der dritten Phase während 3 bis 7 Tagen durch Mikrobeneinwirkung auf 6,8 zu steigen. Nach 24 h sollen

diesen Autoren zufolge bei normalen, fiebrigen, mageren und notgeschlachteten Tieren meist pH-Werte von 5,6 bis 5,8 zu finden sein. Nur bei übermüdeten Tieren soll der pH-Wert zwischen 6,2 und 6,9 liegen.

Prost (107) stellte fest, daß pH-Wert-Messungen in Fleisch auszügen nicht die wahren pH-Werte des Fleisches widergeben und dadurch keine praktische Bedeutung haben. Sie liegen stets höher, ohne daß Zusammenhänge erkennbar sind. Die elektrometrische pH-Meß-Methode hält er für die beste.

Nach Brönstrup (16) ist eine Trennung von Fleischstücken vom Körper ohne Einfluß auf die Säuerung, da die Glykolyse intrazellulär abläuft. Nur bei ganz kleinen Stücken wird durch O_2 -Diffusion ins Innere zusätzlich der aerobe Teil in Gang gesetzt und die Milchsäure wird weiter zerlegt. Bei Vergleichsuntersuchungen muß man immer den gleichen Muskel nehmen, da sonst durch den unterschiedlichen Glykogengehalt unterschiedliche pH-Werte zustande kommen. Bei walnußgroßen Proben, die im Eisschrank oder Kühlraum aufbewahrt wurden, lag der pH-Wert um 0,03 höher als bei nach 24 h entnommenen ungekühlten Proben.

Durch Untersuchung des pH-Wert-Verlaufes in einem schlitzförmigen Schnitt im M. Quadriceps femoris und M. adductor stellt Blomquist (13) fest, daß die elektrische Betäubung Unterschiede im pH-Wert von 0,1 und eine breitere Streuung der Werte bewirkt. Er vergleicht dabei die Werte von 518 betäubt- und 465 unbetäubt zur Schlachtung gelangten Schweinen.

3. Blasses, wässeriges Schweinefleisch.

Das Vorkommen von blassem und wässerigem Fleisch bei gesunden Schlachtschweinen ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern auch von Bedeutung bei der fleischbeschaurechtlichen Beurteilung solchen Fleisches (6). In der Literatur findet man Bezeichnungen wie Weißfleischigkeit, watery pork, zur Charakterisierung dieses organoleptisch feststellbaren Zustandes.

Zahlreiche Autoren (6, 10, 57, 126) haben versucht, die Ursachen dieser Farbabweichung zu ergründen. Einige untersuchten die äußeren Bedingungen, die vor, während und nach dem Schlachten bedeutungsvoll sein können, andere untersuchten die biochemischen Vorgänge, die dabei zu beobachten sind. Da die Erscheinung der Weißfleischigkeit bei gesunden Schlachtschweinen relativ häufig auftritt, ist sie auch im Rahmen dieser Arbeit, die sich mit normalen Verhältnissen bei gesunden Schlachttieren zu befassen hat, von Interesse.

Makroskopisch fällt dieses Fleisch durch eine blasse Farbe, die Anwesenheit von größeren Mengen freier Flüssigkeit im Gewebe und eine Änderung der Konsistenz auf. Es ist bei niedrigem pH-Wert (oft unter 5,1) weich und dem Fischfleisch oder dem Hühnerfleisch ähnlich. Diese Veränderungen findet man vornehmlich an der Rücken- und Oberschenkelmuskulatur.

Auch mikroskopisch werden Veränderungen beobachtet. Die Querstreifung der Fibrillen kann fehlen, sie können spindelförmig aufgetrieben und getrübt sein, und es können denaturierte Sarkoplasma-Proteinstreifen vorhanden sein.

Biochemische Untersuchungen über den Pigmentgehalt konnten keine Bestätigung liefern, daß die blasse Muskulatur auf einen Myoglobinmangel zurückzuführen ist. Auffällig

ist, daß die Farbveränderungen im Schweinemuskel immer mit einem schnellen postmortalen pH-Abfall, d.h. einer raschen Glykolyse und Erreichen eines sehr niedrigen pH-Endwertes verbunden sind. Als Ursachen kommen die unterschiedliche Stoffwechselintensität, Muskelkontraktion und unzureichende Kühlung in Betracht.

Ein durch Messung der Schilddrüsen-Aktivität festgestellter reduzierter Stoffwechsel wirkt prädisponierend bei der Entstehung dieses Fleischtyps. Dabei können genetisch bedingte Unterschiede des Stoffwechsels bei verschiedenen Schweinerassen ermittelt werden.

Außerdem können klimatische Unterschiede im Schweinestall vor der Schlachtung das Phänomen günstig oder ungünstig beeinflussen. Besonders eine hohe relative Luftfeuchtigkeit zusammen mit einer hohen Temperatur wirkt direkt oder indirekt über die Beeinflussung der Schilddrüsenaktivität nachteilig auf die Fleischqualität.

Auch sind Muskelkontraktionen durch Erregung der Tiere vor und durch Krampfstände während des Schlachtens für die Entstehung hellen, wässerigen Fleisches verantwortlich.

Durch Sauerstoffmangel nach intensiver Muskelkontraktion während der Erregung sinkt der ATP- und CP-Gehalt, wodurch eine rasche Glykolyse mit tiefem pH-Wert erreicht wird.

Durch elektrische rhythmische Reizung von frisch erschlachteter Rückenmuskulatur kann wegen der fehlenden Blutzirkulation Fleisch zur Degeneration veranlaßt werden. Daraus kann man folgern, daß in Muskelgruppen mit unzureichender Blutzirkulation intensive Muskelkontraktionen beim lebenden Tier die Fleischqualität nachteilig beeinflussen können.

Die Züchtung von Schweinen mit einem hohen Gehalt an Magerfleisch und möglichst geringem Fettgehalt beeinflusst die Blutzirkulation im Sinne einer Kreislaufbelastung ungünstig. Dadurch wird es bei diesen eher an dem für die Resynthese von ATP und CP notwendigen Sauerstoff fehlen und eine überstürzte postmortale Glykolyse eintreten.

Eine starke Aktivität der Schweine beim Schlachtvorgang bei fehlenden aeroben Resynthesen im Muskel kann zu unerwünscht niedrigen pH-Werten führen. Dazu kommt noch die hohe Temperatur von $+ 60^{\circ}\text{C}$ im Brühkessel, die die Fleischtemperatur unter der Speckschicht auf über $+ 40^{\circ}\text{C}$ ansteigen läßt und eine schnelle Glykolyse fördert.

Der Einfluß der Kühlung spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, was durch Versuche mit Fleisch, dessen Speckschicht entfernt wurde, wodurch eine schnellere Temperatursenkung im Muskel erfolgt, bestätigt werden konnte.

Ein schnelles Verarbeitungstempo mit möglichst schnellem Verbringen in zur Schnellabkühlung geeignete Kühlräume führt zu den besten Ergebnissen hinsichtlich der Fleischqualität.

4. Bedeutung des pH-Wertes für die Haltbarkeit des Fleisches und die Herstellung von Fleischerzeugnissen.

Blanchard und Mitarbeiter (12) maßen der pH-Wert-Bestimmung im Muskel von Schlachttieren keine sanitäre Bedeutung bei und hielten die bakteriologische Untersuchung für allein entscheidend.

Grüttner (43) geht der Frage nach, wie die Fleischsäuerung beim Vorliegen bestimmter Krankheiten ausfällt und kommt zu dem Ergebnis, daß die Fleischreifung bei den einzelnen Krankheiten ziemlich verschieden verlaufen kann und deshalb keinen Rückschluß auf das Vorhandensein einer bestimmten Krankheit zuläßt. Er hält deshalb die Feststellung der Wasserstoffzahl für die Fleischschau im allgemeinen als entbehrlich. Das Ausbleiben der Fleischreifung stellt er vielmehr durch das Fehlen des typisch aromatischen Geruches bei der Kochprobe fest. Die pH-Wert-Bestimmung ist seiner Ansicht nach nur in manchen Fällen "eine beachtenswerte Ergänzung eines auffälligen Befundes".

Magsaam (82) lehnte ebenfalls die pH-Wert-Messung als Hilfsmittel für die Fleischuntersuchung ab.

Noch 1950 schreibt Peters (104), daß wegen der großen Schwankungsbreite in den verschiedenen Muskeln eines einzigen Tieres nach 48 h für die Beurteilung der pH-Wert nicht verwendet werden kann.

Im Gegensatz zu diesen Autoren messen andere der pH-Wert-Messung im Fleisch große Bedeutung bei. Früher wurde der pH-Wert-Messung nur in Bezug auf Krankschlachtungen Beachtung geschenkt, heute weiß man, daß der pH-Wert auch ein wichtiger Gradmesser für die technologischen Eigenschaften des Fleisches ist.

So sagte schon Lenfeld (76), daß man durch pH-Wert-Messung vor allem "den Einfluß der Erkrankung oder Erschöpfung auf die Haltbarkeit des Fleisches gut beurteilen und demgemäß bestimmen könne, wie mit dem Fleisch notgeschlachteter Tiere zu verfahren wäre. Fleisch, das nach der Schlachtung nicht

sauer wird, kann rascher Verderbnis unterliegen". In einer anderen Arbeit sagte Lenfeld (77), daß der Einfluß von Krankheit, Ermüdung, des Nährstandes, der Ausblutung, der Trächtigkeit u.a. auf den Charakter des Fleisches einwirkt und empfiehlt daher pH-Wert-Messungen zur Beurteilung.

Auch Schoon (121) hält bei allen kranken Tieren pH-Wert-Messungen für ratsam.

Jungclaus (63) folgerte aus seinen Untersuchungsergebnissen, daß ein pH-Wert von über 6,2 (24 h nach der Schlachtung) bei Aufbewahrung der Muskulatur im Kühlhaus eine verringerte Haltbarkeit anzeigt und mit Erfolg für die Fleischbeurteilung herangezogen werden kann.

Millo und Mitarbeiter (90) fanden durch pH-Wert-Messungen an vier Mastschweinen, an deren M. longiss. dorsi sie im Kühlraum bei + 4°C Messungen vornahmen, daß bei schnellem Abfall des pH-Wertes schlechte Fleischbeschaffenheit vorliegt! Sichere Aussagen könne man aber nur machen, wenn der pH-Wert unmittelbar bis zum Erreichen des End-pH-Wertes nach 24 h verfolgt wird. Bei richtiger Anwendung könne der pH-Wert zu einem wichtigen Kriterium zur Beurteilung der Fleischqualität werden. Derartige pH-Wert-Verlaufskurven ermöglichen es auch, prämortale Einflüsse (stress) auszumachen, da Glykogenverlust eine schnelle Einstellung des pH-Wertes auf einen hohen Endwert bewirkt. Andererseits kann bei sehr schnellem Abfall auf einen tiefen Endwert um 5,0 auf minderwertiges Fleisch (hell, naß, weich) geschlossen werden, was von Ludvigsen (81) in Fällen von Muskeldegeneration beobachtet wurde.

Krieger (71) stellte durch elektrometrische Messungen im Fleischextrakt fest, daß der Verlauf der pH-Kurve nach der tiefsten Säuerung keinerlei Regelmäßigkeiten aufweist und daher keinen Wert mehr zur Beurteilung des Fleisches hat. Er weist auch auf den Einfluß von Bindegewebe, Fett und Blut auf die H^+ -Ionen-Konzentration hin, und nimmt daher nur schiere Muskeln zu seinen Untersuchungen.

Hamm (45) schreibt zur Bedeutung der pH-Feststellung:
"Da Fleisch mit einem niedrigen End-pH-Wert schlechte Hydratationsverhältnisse aufweist, ist die pH-Wert-Bestimmung auch aus diesem Grund ein wichtiger Gradmesser zur Beurteilung der technologischen Eigenschaften des Fleisches". Solches Fleisch stammt nach van Logtestijn (80) von Schweinen mit mehr oder weniger deutlichen Degenerationserscheinungen.

Nach Schoon (121) ist Fleisch mit zu hohem pH-Wert (Grenzwert ca 6,4) wegen der günstigen Bedingungen für das Wachstum von Mikroorganismen zur Verarbeitung zu Rohwaren ungeeignet.

Raschke (108) hält die pH-Wert-Messung daher für besonders wichtig bei der Herstellung von Halbkonserven und Dauerwaren. Die pH-Wert-Feststellung sei ein "hervorragendes Hilfsmittel zur Beurteilung der Verarbeitungsfähigkeit des Fleisches". Zur Herstellung von Brühwurst ist Fleisch mit hohem pH-Wert wegen seines relativ guten wasserbindenden- und fettemulgierenden Vermögens von großem Vorteil.

Auch Wundram und Schönberg (142) halten den pH-Wert für bedeutungsvoll bei der Beurteilung von Fleisch zur Herstellung von Rohschneideschinken, Kochschinken, Rohwurst und haltbaren Dosenbrühwürstchen.

Wisner-Pedersen und Briskey (140) schreiben, daß sowohl ein zu hoher als auch ein zu niedriger pH-Wert des Fleisches einen nachteiligen Einfluß für die Herstellung von Dosenschinken und Rohwürstchen ausübt.

van Logtestijn (80) stellt fest, daß es durch pH-Wert-Messungen im Schweinefleisch möglich ist, Fleisch je nach Bedarf zur Weiterverarbeitung zu selektieren, wobei er auch die Möglichkeit in Betracht zieht, Verarbeitungsfleisch mit hohem bzw. niedrigem pH-Wert mit anderem Fleisch derart bei der Zerkleinerung zu mischen, daß der gewünschte mittlere pH-Wert erreicht wird.

IV. Einfluß von Kälte auf Fleisch.

a) Allgemeines.

Daß sich Fleisch bei tiefen Temperaturen länger und besser hält, ist eine uralte Erkenntnis. Die Kälteanwendung erwies sich bisher als die beste Methode zur Konservierung von Lebensmitteln. Nährwert, Geschmack und Aussehen bleiben in größtem Maße erhalten. Voraussetzung ist natürlich eine gute Qualität des Ausgangsproduktes und eine hygienisch einwandfreie Verarbeitung (131).

Nachdem das Kühlen des Fleisches einige Jahrzehnte die einzige Anwendung von Kälte auf Fleisch war, gewinnt in den letzten Jahren das Gefrieren mehr und mehr an Bedeutung.

Die Entwicklung der Technik hat es ermöglicht, die Temperaturen zur Fleischgefrierung innerhalb von 40 Jahren um 50°C zu senken (105). Bei Anwendung von tiefen Temperaturen sind auch bei Fleisch, bedingt durch das Gleichgewicht der kolloidalen Systeme, Grenzen gesetzt. Werden diese überschritten, kommt es zu schweren Schäden. (105).

Marsili (88) stellt folgende Grundsätze auf:

a)"Wenn die Kälte auf lebende Zellen derart wirkt, daß sie dadurch zerstört werden, so wird die organische Substanz endgültig verändert und bei der Wiederherstellung normaler Temperaturen von Enzymen leichter befallen".

b)"Das Gefrieren ist ein notwendiges Übel für Fleisch, das über 60 Tage gelagert werden muß".

c)"Die physikalischen und biochemischen Veränderungen, die beim Fleisch durch das Gefrieren verursacht werden, rühren eher von der tiefen Temperatur her als von den dabei

gebildeten Kristallen. Sie sind irreversibel und ihre negative Funktion wird verstärkt durch:

1. die Zeit nach der Schlachtung,
 2. die Temperatur und Dauer des Gefrierens und der Lagerung".
- d)"Da die Lagertemperatur bei -18°C liegt, ist es weder erforderlich noch nützlich, unter -20°C zu gefrieren, um nicht die Oberfläche zu beschädigen.
- e) "Die durch das Gefrieren verursachten Schäden betreffen vor allem die kolloidale und biochemische Struktur".
- f)"Die Lagerkosten für tiefgekühltes Fleisch müssen auch den verminderten Handelswert gegenüber Frischfleisch berücksichtigen."
- g)"Die vermeintlichen Vorzüge eines Gefrierens bei möglichst tiefen Temperaturen sind durch die weit größeren Schäden bei abnorm tiefer Temperatur aufgehoben".

Klose (68) gibt fünf Faktoren an, die für die Qualität des Gefriergutes verantwortlich sind:

1. Zustand des Rohmaterials.
2. Die Verhältnisse während der Verarbeitung.
3. Die Verpackung.
4. Die Temperatur.
5. Die Zeit.

Das Gefrierprodukt ist nie besser als das Ausgangsprodukt, und während der Gefrierlagerung findet immer eine Abwertung statt, die nicht rückgängig gemacht werden kann. Die Geschwindigkeit der Veränderungen kann durch Verminderung der

Katalasen und Temperaturerniedrigung beeinflußt werden. Frieren hat gegenüber Kühlen den Vorteil, daß das Risiko des bakteriellen Verderbs geringer und die Haltbarkeit länger ist. Gegenüber der Konservierung durch Kochen hat es den Vorzug, daß das Gewebe nicht so stark zerstört wird. Auch das Aussehen, der Geschmack und der Vitamin-gehalt leiden nicht in dem Maße.

Plank (105) sagt, daß sich die chemischen Reaktionen bei sinkenden Temperaturen stark verlangsamen. Im Mittel verringert jede Senkung um 10°C die chemischen Umsetzungen um das zwei- bis dreifache. Da diese meist Wertminderungen bedeuten, kann man sagen, daß die Haltbarkeit je 10°C Senkung verdoppelt bis verdreifacht wird. Wichtig ist auch die relative Luftfeuchtigkeit. Sie kann umso höher gehalten werden, je tiefer die Temperatur ist. Die Gewichtsverluste sind dadurch geringer. Auf die chemischen Reaktionen in Lebensmitteln hat die Luftfeuchtigkeit keinen Einfluß.

Man erreicht nach Lang (73) durch hohe Luftfeuchtigkeiten rasche Abkühlung und die Bildung einer Trockenhaut an der Oberfläche, wodurch die O_2 -Diffusion und damit der aerobe Teil der Glykolyse, der auch post mortem in geringem Umfang erfolgen kann, verhindert wird.

Beim Kühlen und Gefrieren wird bei hoher Luftgeschwindigkeit der stärkere Wasserverlust in der Zeiteinheit durch kürzere Kühl- bzw. Gefrierzeit mehr als kompensiert. Bei der Lagerung ist keine Luftbewegung vonnöten.

Fleisch muß abgekühlt werden, da nach Emblik (26) die Oberfläche äußeren Einwirkungen, wie Wärmeaustausch, Stoffaustausch und Befall von Mikroorganismen schutzlos ausgesetzt ist. Die Kühlung hat die Aufgabe, dem Wachstum von Bakterien und dem Gewichtsverlust weitmöglichst entgegenzuwirken. Da die Vermehrung der Mikroben mit sinkender Temperatur abnimmt, soll die Oberfläche des Fleisches

möglichst schnell abkühlen. Voraussetzungen für eine gute Haltbarkeit ist aber auch, daß das Fleisch soweit als möglich keimarm gewonnen wird.

Makarytscheff (83) sagt aus, daß Kälte die Fleischreifung hemmt. "Die Oxydationsprozesse im ungereiften Fleisch hören bei niedrigen Temperaturen (-4°C , -7°C , -9°C) nicht auf, sondern verlangsamen sich nur. Die chemofermentativen Prozesse können ebenfalls fort dauern". Bei -8°C fällt der pH-Wert auf sein Minimum und bleibt dort stehen. Auch nach Plank (105) kommt die Reifung bei Gefriertemperaturen nicht völlig zum Stillstand. Warm eingefrorenes Fleisch hat nach längerer Lagerung nicht den erwünschten Reifegrad, es gewinnt ihn erst nach dem Auftauen.

Auch nach Jasper (62) wird die Reifung beim Gefrieren weitgehend unterbunden, setzt aber beim Auftauen wieder ein und erreicht ihr Maximum beim aufgetauten Fleisch. Durch Schnellgefrieren wird also die Reifung zugunsten der Konservierung verzögert. Er stellt den pH-Wert bei abgekühlt und schlachtwarm eingefrorenem Fleisch bei schnellem und langsamem Auftauen graphisch dar. Beim schnellen Auftauen fielen die pH-Werte weiter ab, da offenbar die Säuerung noch nicht zu Ende war. Bei langsamem Auftauen war die Reifung abgeschlossen. -Dies war auch aus dem Glykogenabbau ersichtlich. Bei schnellem Auftauen waren noch 350 mg% Glykogen und bei langsamem noch 80 mg% vorhanden. Durch Versuche mit Schweinehälften stellte er weiter fest, daß 7 Tage nach dem Auftauen der pH-Wert bei warm eingefrorenem Fleisch nicht so hoch war wie bei abgekühlt eingefrorenem. Die Haltbarkeit des schlachtwarm eingefrorenen Fleisches ist also besser.

Nach Leistner (75) muß das schnell aufgetaute Fleisch zwecks Reifung vier bis fünf Tage nachlagern.

Moss und Mitarbeiter (93) stellten durch Untersuchungen mit Bullenfleischbrei fest, daß durch Zerkleinerung die Qualität schlachtwarmen Fleisches erhalten werden kann, da durch die Zerkleinerung der physiologische Vorgang der Actomyosinbildung und der Verlust energiereicher Phosphate unterbunden wird. Es kann daher an Stelle schlachtwarmen Fleisches zur Herstellung von Brühwurst verwandt werden, da es seine Fähigkeit zur Wasserbindung nicht verloren hat. Dies scheint allerdings nur bei Fleischbrei oder kleinen Fleischstücken der Fall zu sein, da Howard und Lawrie (60) die Beobachtungen machten, daß es beim Einfrieren von Rindervierteln im Luftstrom bei -35°C nie gelingt, das Fleisch vor Eintritt des rigor-mortis einzufrieren.

b) Kühlen

Wagemann und Keller (134) stellten die Entwicklung der Kühlung von Fleisch wie folgt dar:

Die erste Schlachthofkühlanlage in Deutschland wurde 1882 in Bremen, ein Jahr später in Wiesbaden errichtet. In der Folgezeit strebte man eine möglichst langsame Abkühlung von Fleisch an und vollzog sie daher in drei Stufen:

1. Abhänge-Hallen, in denen das Fleisch nach der Schlachtung mehrere Stunden verblieb, bis es ca. $+30^{\circ}\text{C}$ Innentemperatur erreichte.
2. Vorkühlraum mit $+6^{\circ}\text{C}$ bis $+8^{\circ}\text{C}$ Lufttemperatur, wo es nach 24 h im Kern eine Temperatur von etwa $+15^{\circ}\text{C}$ erreichte.
3. Hauptkühlraum mit $+2^{\circ}\text{C}$ bis $+4^{\circ}\text{C}$ Lufttemperatur, wo es nach weiteren 48 h die Außentemperatur von $+3^{\circ}\text{C}$ bis $+4^{\circ}\text{C}$ auch im Kern erreichte.

In beiden Kühlräumen wurde eine relative Luftfeuchtigkeit von 75 Prozent angestrebt. Die Luftbewegung war schwach.

Der Amerikaner Bloom verzichtete 1924 als erster auf das Abhängen des Fleisches vor der Kühlung und brachte frisches Fleisch in Kühlräume von $\pm 0^{\circ}\text{C}$ bei großem Luftumlauf und hoher Luftfeuchtigkeit. Die Schnellabkühlung des Fleisches mit kurzen Abkühlzeiten und Verringerung des Gewichtsverlustes begann.

In Deutschland führte 1950 Schilling (114) die Schnellabkühlung im Berliner Schlachthof ein. 1952 folgte der Schlachthof Ludwigshafen unter Frühwalds (31) Leitung. Als Vorzüge der möglichst raschen und tiefen Temperatursenkung wurden die Verminderung des Gewichtsverlustes, die Verhinderung der Verfärbung und die Verzögerung des Bakterien-Wachstums und damit bessere Haltbarkeit erkannt.

In Kühlkammern oder im Kühltunnel, den Frühwald (31) am Schlachthof Ludwigshafen zuerst einführte, werden in 18 bis 40 Stunden Kerntemperaturen bei $\pm 0^{\circ}\text{C}$ je nach Größe und Fettgehalt bei Schweinefleisch von $\pm 0^{\circ}\text{C}$ bis $+ 3^{\circ}\text{C}$ und bei Rindfleisch von $\pm 0^{\circ}\text{C}$ erreicht.

Der Luftwechsel muß mindestens 40 bis 150 mal pro Stunde erfolgen bei einer relativen Luftfeuchtigkeit um 90 Prozent. Die Abkühlung ist nach Erreichen einer Kerntemperatur von $+ 3^{\circ}\text{C}$ bis $+ 4^{\circ}\text{C}$ beendet.

Dräger (24) gibt als Abkühlzeit für Schweine im Kühltunnel eine Zeitspanne von 18 Stunden an bei einer Luftgeschwindigkeit von ca. 3 m/sec. und bei einer Temperatur von $\pm 0^{\circ}\text{C}$. Die Tiere kommen auch bei dieser Methode schlachtwarm zur Schnellkühlung.

Die Schnellkühlung ergibt unter anderem eine Verbesserung der Haltbarkeit durch Hinauszögern der Totenstarre, bzw. durch Verlängerung der Zeitspanne mit niedrigem pH-Wert, (Kuprianoff (72)). Dadurch wird auch eine hemmende Wirkung auf das Keimwachstum erzielt.

Cuklin und Mitarbeiter (21) geben an, daß die Totenstarre durch die Kälteanwendung verlängert wird und daher die Entwicklung eines günstigen pH-Wertes möglich ist.

Kazda (76) stellte fest, daß der bakterielle Befall von schnellgeköhlten Schweinehälften achtmals niedriger ist als bei Vorkühlung. Alterungserscheinungen treten kaum auf, was er durch den Verlauf der pH-Kurve bestätigt. Während bei normaler Kühlung die Reifungsvorgänge sich nur bis zur Innenseite der Trockenhaut abspielen, können sie bei der Schnellkühlung ungehindert bis zur Oberfläche weitergehen.

Emblík (26) beschreibt noch die sogenannte "abgebrochene Schnellkühlung", bei der anfangs eine Temperatur von $- 8^{\circ}\text{C}$ herrscht und das Fleisch später langsam weitergekühlt wird.

Burke (18) empfiehlt für die Kühlung von Fleisch $- 5^{\circ}\text{C}$ bei 3 bis 4 m/sec. Luftbewegung, dann nach 2 Stunden das Verbringen der Tierkörper in einen Temperaturniveaum von etwas über $- 1^{\circ}\text{C}$.

Jasper (61) schlägt Temperaturen von $- 8^{\circ}\text{C}$ und eine Luftgeschwindigkeit von 3 m/sec. zur abgebrochenen Schnellkühlung vor, da andere Methoden energiemäßig unwirtschaftlich sind.

Nach Niederehe (96) beruht die sogenannte Schnellstckkühlung auf dem Prinzip der abgebrochenen Kühlung, nur ist die Temperatur während der ersten Phase noch tiefer ($- 15^{\circ}\text{C}$ bei 200-facher stündlicher Luftumwälzung). Die Abkühlungszeit vom Einbringen bis zum Abtransport, bzw. bis zur Zerlegung dauert nur eineinhalb bis zwei Stunden.

Strohrmann (125) bezeichnet die Schnellstckkühlung auch als Schockkühlung, wodurch eine Qualitätsverbesserung, geringere Schwundverluste und wesentlich kürzere Verweilzeit im Gefrierraum erreicht wird. Letzteres ermöglicht eine täglich mehrfache Neubeschickung, da das Fleisch nach

dem Schocken leicht zerlegbar ist. Im Schlachthof Schleswig werden die schlachtwarmen Schweine in stark bewegter Kaltluft von -6°C bis -8°C in eineinhalb bis zwei Stunden ohne Gefahr des Frierens der Außenschichten geschockt. Durch Schockkühlung und anschließende Schnellabkühlung ist in 10 bis 11 Stunden eine Temperatur von $+4^{\circ}\text{C}$ am Knochen erreicht.

Flechtenmacher (28) gibt für Schockkühlen Temperaturen von -6°C bis -8°C an, wodurch in eineinhalb bis zwei Stunden eine Temperatur von $+15^{\circ}\text{C}$ im Kern erreicht wird. Temperaturen von -14° bis -18°C hält er für die unterste sinnvolle Grenze, da sonst die Fleischoberfläche zu stark anfriert, ohne daß sich der Abkühleffekt entsprechend auf den Kern auswirkt. Danach soll das Fleisch entweder gleich bearbeitet oder nach der Schnellabkühlmethode weitergekühlt werden.

Für den Totversand von Schlachttieren empfiehlt El Shammaa (27) mit Rücksicht auf die stark hemmende Wirkung auf das Bakterienwachstum einen Kälteschock von -25°C bis -30°C , bei einer Luftfeuchtigkeit von 1 m/sec. für die Dauer von etwa zweieinhalb Stunden. Dadurch wird eine Kerntemperatur von $+1^{\circ}\text{C}$ erreicht.

Emblík (26) erwähnt außer den angeführten Abkühlverfahren noch das Kühlen in übersättigter Luft (turbo chilling) mit geringem Gewichtsverlust und die Strahlungskühlung mit gekühlten Metallwänden, zwischen die das Fleisch verbracht wird, um einen Großteil seiner Wärme abzugeben. Beide Verfahren müssen als unwirtschaftlich angesehen werden.

c) Gefrieren.

Gefrieren hat gegenüber Kühlen den Vorteil, daß das Risiko des bakteriellen Verderbens noch geringer ist und die Haltbarkeit dadurch noch länger ist. Es ist von

großer Bedeutung für Länder mit Überproduktion von Fleisch, schreiben Tressler und Mitarbeiter (133). Plank (105) sagt aus, daß gefrorenes Fleisch theoretisch unbegrenzt haltbar sei. Beim Gefrieren unterliegt der Gewebssaft den physikalischen Gesetzen des Gefrierens von Salzlösungen: bei $\pm 0^{\circ}\text{C}$ gefriert das reine Wasser zu Eiskristallen wodurch sich die Konzentration der restlichen Salzlösung erhöht. Dadurch wird der Gefrierpunkt herabgesetzt, was sich bis zum Erreichen des kohydratischen- oder eutektischen Punktes, bei dem die konzentrierte Restlösung als Ganzes gefriert, wiederholt.

Nach Ansicht zahlreicher Autoren (38, 44, 78, 105, 132) hängt die Anzahl und Größe der Eiskristalle von der Gefrier- geschwindigkeit ab. Langsames Gefrieren bewirkt die Entstehung von großen -, schnelles Gefrieren von vielen kleinen Eiskristallen.

Nach Tressler und Mitarbeitern (132, 133) friert beim Schnellfrieren das Wasser zuerst interzellular feinkristallinisch, dann intrazellular. Dadurch entstehen kleine Risse im Gewebe, wodurch es gelockert und zart wird. Bei langsamem Frieren geht die Eisbildung inter- und intrazellular gleichmäßig vonstatten, wodurch die Zellwände beim Wachsen der Kristalle zerrissen werden.

Hamm (52) meint, daß die großen Eiskristalle nicht der einzige Grund für die schlechtere Qualität des langsam eingefrorenen Fleisches seien, sondern auch die Denaturierung von Myosin durch irreversible Dehydratation.

Nach Lang (73) kommt die Reifung bei Gefriertemperaturen anscheinend nicht völlig zum Stillstand. Im Gefrierlager bei -18°C ohne Luftumwälzung dauert die Reifung mindestens ein Jahr, oder sie wird beim Auftauen unter Saftverlust rasch erreicht.

Auch Jasper (62) sagt, daß die Reifung beim Gefrieren weitgehend unterbunden wird, beim Auftauen aber wieder einsetzt und ihr Maximum beim aufgetauten Fleisch erreicht.

Nach Cuklin und Mitarbeitern (20) soll allerdings der Gefrierprozeß keinen Einfluß auf den pH-Wert haben.

Gefrorenes Fleisch ist umso zarter, je tiefer die Gefrier-temperatur gewählt wurde, aber nicht unter -40°C , schreibt Gaetano (33).

Nach Grüttner (44) sind drei Faktoren für die Qualität des Gefriergutes verantwortlich:

1. Temperatur möglichst tief,
2. Luftfeuchtigkeit möglichst hoch,
3. Luftbewegung möglichst stark.

Die Gefrierzeit ist proportional dem Quadrat des Durchmessers des Fleischstückes und umgekehrt proportional der Temperatur des kühlenden Mediums und der Oberflächen-wärmeabgabe, ermittelt Clément (19).

Durch Schnellgefrieren bei -26°C wird das Fleisch fester, hält sich länger frisch und wird beim Auftauen zarter, (Weber und Mitarbeiter (136)).

Bei $-17,7^{\circ}\text{C}$ und tiefer gefrorene Steaks werden zarter als ungefrorene. Frieren bei $-9,4^{\circ}\text{C}$ und $-12,2^{\circ}\text{C}$ hatte nachteilige Wirkung auf die Zartheit. Bei $-34,3^{\circ}\text{C}$ bis $-39,9^{\circ}\text{C}$ gefrorene Steaks war die Farbe am besten (143). Von $-17,7^{\circ}\text{C}$ bis $-87,0^{\circ}\text{C}$ gefrorene Fleischstücke werden nicht im Verhältnis der Temperaturabnahme zarter. Nach 12 Wochen Gefrierlagerung waren sie immer noch zarter als ungefrorene Kontrollen (144).

Theloe (130) sagt, daß durch schnelles Einfrieren und lang-sames Auftauen die Qualität (Nährwert, Geschmack, Aroma) frischem Fleisch gleich sei.

Nach Hamm (52) verursacht rasches Gefrieren bei -60°C und Auftauen keine nennenswerte Veränderung des

Fleischeiweißes, während langsames Gefrieren die Muskelhydratation abnehmen läßt.

Während man im allgemeinen bei -40°C friert, schildern Tressler und Mitarbeiter (132) den Gefriertunnel mit einer Temperatur von -28°C und tiefer bei großer Luftgeschwindigkeit.

Clément (19) beschreibt Tunnels von 4 m Höhe für Hälften und von 2,5 m für Viertel, in denen eine Windgeschwindigkeit von 4 bis 6 m/sec. herrscht. Frieren von entbeintem Fleisch in 25 kg schweren Blöcken hält er für vorteilhaft in Bezug auf Kälte, Umfang und Gewicht, während des Frierens, der Lagerung und des Transports.

Nach Grüttner (43) kann man im übrigen sagen, daß für das Einfrieren hinsichtlich Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung das gleiche gilt wie für das Kühlen.

C. Eigene Untersuchungen.

Die eigenen Untersuchungen gliedern sich in zwei Abschnitte:

1. Feststellung des pH-Wert-Verlaufes bei Anwendung der Schnellkühlung und
2. Feststellung des pH-Wert-Verlaufes bei der herkömmlichen Kühlung.

I. Material.

1. Schnellkühlung.

In diesem Untersuchungsabschnitt wurden in der Fleischwarenfabrik Schweisfurth in Herten 120 geschlachtete Schweinetierkörper einer kontinuierlichen Messung unterzogen.

Dabei handelte es sich um ausnahmslos gesunde Schlachtschweine (veredeltes deutsches Landschwein, holländische Schweine und Kreuzungen zwischen diesen), die jeweils einen Tag vor der Schlachtung aus dem westfälischen Raum mit Lastkraftwagen angeliefert und in kühlen, ausreichend großen Stallungen bis zur Schlachtung untergebracht wurden.

Während dieser Ausruhezeit wurden alle Schweine getränkt, aber nicht gefüttert. Die Schweine wurden nach der elektrischen Betäubung im Hängen entblutet und alsbald nach der Schlachtung und Untersuchung in Schnellkühl tunnels verbracht. Als durchschnittliche Zeit zwischen Entbluten und Verbringen in den Schnellkühlraum kann eine Zeit von 30 bis 35 Minuten angegeben werden. Bei der Beschickung des Kühlraums herrschte, bedingt durch Öffnen der Türen und Einschleusen der Schweine, eine Temperatur von $+ 2^{\circ}\text{C}$, beim Weiterkühlen nach 20 Minuten eine Temperatur um $\pm 0^{\circ}\text{C}$. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug 90 Prozent, der Luftumlauf in Nähe der Ventilatoren 20 m/sec., in der Mitte des Kühlraumes 8 m/sec.

2. Herkömmliche Kühlung.

In diesem Untersuchungsabschnitt wurden in der Großschlachtereier Mund, Ahrweiler, 40 Schweine der genannten Rassen pH-Wert-Messungen unterzogen. Kautelen wie Antransport, Ausruhezeiten, Aufstallung vor der Schlachtung, Tränken und Schlachtmethode waren praktisch die gleichen wie bei der ersten Untersuchungsgruppe. Auch diese Schweine kamen unmittelbar nach abgeschlossener Fleischuntersuchung in den Kühlraum. Dieser Kühlraum hatte keinen Luftumlauf und eine relative Luftfeuchtigkeit von 85 Prozent. Beim Beschicken wies der Kühlraum eine Temperatur von $+ 8^{\circ}\text{C}$ auf, die nach kurzer Zeit auf $+ 4^{\circ}\text{C}$ zur Weiterkühlung absank.

Die Außentemperatur betrug an allen Untersuchungstagen maximal zwischen $+ 20^{\circ}\text{C}$ und $+ 24^{\circ}\text{C}$, der Luftdruck lag um 760 mm Hg.

II. Methodik.

1. Meßgerät.

Für die Untersuchung des pH-Wert-Verlaufes wurde in beiden Untersuchungsgruppen das tragbare "Hauptner"-pH-Meßgerät 6GV 1 B für Batteriebetrieb (5) verwendet. Dieses Gerät wurde in einer ledernen Bereitschaftstasche, die eine ambulante Anwendung in Schlacht- und Kühlhäusern ermöglicht, getragen. Auch die für den Gebrauch benötigten Flüssigkeiten zur Einstufung, zum Abspülen der Meßkette, zum Reinigen und zum Nachfüllen der Glaselektrode wurden in einer ledernen Tragetasche mitgeführt (Abb. in 5).

Bei meinen Messungen kam die Einstab-Glaselektroden-Meßkette Typ 300 der Firma Hauptner zur Anwendung. Als Bezugselektrode ist in einer hochohmigen Glasmembran im Glasschaft eine Kalomel-Elektrode eingebaut, die über einen kleinen Tonstift Kontakt zum Meßgut bekommt.

Die Meßkette wird stets in einem seitlich an der Bereitschaftstasche angebrachten, mit Aqua dest. gefüllten Glas aufbewahrt, an dessen Grund zum Schutz gegen Stoß ein Gummischwämmchen liegt. Dadurch wird das notwendige Quellvermögen der Glasmembran gesichert und es werden Fehlmessungen verhindert. Die Kalomel-Bezugselektrode muß immer mit gesättigter Kaliumchloridlösung gefüllt sein. Durch Diffusion durch den Tonstift tritt mit der Zeit ein Verlust der Lösung ein. Sie kann durch den Ansatzstutzen am oberen Schaft nachgefüllt werden.

Beim Gebrauch des pH-Meter wird der Schalter auf "Ein" gestellt. Nach einer Wartezeit von ca. einer Minute, die für das Aufheizen der Elektronenröhren notwendig ist, wird der Bereitschaftsschalter in die Stellung "Null" gebracht. Am Drehgriff "Null" wird so lange verstellt,

bis der Meßwerkzeiger auf pH 7 zeigt. Durch weiteres Drehen nach rechts wird der bei Fleisch interessierende saure Bereich pH 0 bis 7 eingeschaltet. Die pH-Einheiten werden von rechts nach links abgelesen, die Zahlen sind rot, mit einer Graduierung von 0,1 zu 0,1 pH.

Zur Einstufung wird vor den Messungen die Meßkette in eine Pufferlösung bekannten pH-Wertes gesteckt. Zwei solcher Pufferlösungen, und zwar von pH 6,0 und pH 7,0 werden von der Lieferfirma beigelegt.

Am Temperatur-Drehgriff wird das Gerät auf die Temperatur der Pufferlösung eingestellt. Darauf verstellt man den Rändelgriff "Eichen" so lange, bis der Meßwerkzeiger den pH-Wert der Pufferlösung anzeigt. Die zweite Pufferlösung kann als Meßlösung verwendet werden, um die Einstellungs-
genauigkeit der Einstab-Glaselektroden-Meßkette zu kontrollieren.

Die Meßgenauigkeit des beschriebenen pH-Meters habe ich durch 20 vergleichende Messungen mit Lösungen unterschiedlichen pH-Wertes mit dem großen, hochempfindlichen "Radiometer Kopenhagen PHM 22" der Firma Hillerkus, Krefeld bei Temperaturen von $\pm 0^{\circ}\text{C}$ bis $+ 40^{\circ}\text{C}$ überprüft. Es ergaben sich vereinzelt geringfügige Unterschiede bis zu 0,05 pH-Einheiten, die in der Praxis keine Rolle spielen.

2. pH-Wert-Messung.

Nach Einstellung der jeweiligen Temperatur am Meßgerät entsprechend der Temperatur an der Meßstelle und nach Einstufung des Gerätes wurde bei allen Schweinen der leicht zugängliche, von Fett und Sehnen freie M. adductor zur Messung ausgewählt. Bei diesen Untersuchungen sollte nur der pH-Wert-Verlauf in einer Muskelgruppe verfolgt werden. Die pH-Wert-Unterschiede zwischen einzelnen Muskeln sollten nicht berücksichtigt werden.

Für die Messung wurde mit einem Trokar, der ungefähr den Querschnitt der Meßkette hat, im Muskel etwa drei Zentimeter vorgebohrt. Anschließend wurde die Meßkette eingeführt. Die erste Messung erfolgte nach dem Spalten der Schlachtschweine, die in beiden Schlachthäusern 15 bis 20 Minuten nach der Entblutung erfolgte. Die nächsten Messungen wurden in zweistündlichem Abstand durchgeführt bis nach 8 Stunden und die letzte nach 24 Stunden vor der Zerlegung der Schlachtierkörper. Es wurden also insgesamt 6 Messungen je Schwein vorgenommen. Aus der Literatur war ersichtlich, daß zwischen 8 und 24 Stunden nach der Schlachtung in der überwiegenden Zahl der Fälle nur eine minimale pH-Wert-Änderung zu verzeichnen ist. Daher und aus arbeitstechnischen Gründen erfolgte zwischen 8 und 24 Stunden nach dem Schlachten keine pH-Wert-Messung.

Außer der ersten Messung erfolgten im ersten Untersuchungsabschnitt alle anderen im Schnellkühltunnel, im zweiten Untersuchungsabschnitt im Kühlraum.

Nach jeder Messung wurde die Einstab-Elektrode nach Bedarf mit Tetrachlorkohlenstoff von Fleisch- und Fettresten gereinigt, mit aqua dest. gründlich abgespült und mit Zellstoff getrocknet. Nach je 10 Messungen justierte ich das Meßgerät neu ein.

Da für die Genauigkeit des pH-Wert-Meßergebnisses die Kenntnis der Temperatur des Meßgutes notwendig ist wurde der Ablauf des Temperaturabfalles in den Mm. adductores mittels eines Einsteckthermometers verfolgt. Um einen Durchschnittswert zu erhalten, erfolgten diese Messungen an je 20 Schweinen beider Untersuchungsabschnitte.

Außerdem stellte ich noch Beobachtungen an, ob grobsinnlich zu erhebende Befunde mit den ermittelten pH-Werten in Zusammenhang zu bringen sind, wobei besonderes Augenmerk auf Farbe und Konsistenz der Schweinemuskulatur zu richten war.

III. Ergebnisse.

Die Ergebnisse jedes Untersuchungsabschnittes werden zunächst ohne Berücksichtigung des pH-Wert-Verlaufes in folgende Gruppen eingeteilt (End-pH-Wert nach 24 Stunden):

- I. pH-Grenzwert 6,0
 - 1. pH-Endwert über 6,0
 - 2. pH-Endwert 6,0 und tiefer
- II. pH-Grenzwert 6,2
 - 1. pH-Endwert über 6,2
 - 2. pH-Endwert 6,2 und tiefer.

Die Einteilung unter Zugrundelegung dieser Grenzwerte kann aufgrund von Literaturangaben und der Handhabung in der Praxis erfolgen. So soll von einem pH-Wert von 6,2 an mit einer verminderten Haltbarkeit des Fleisches zu rechnen sein und sich das Fleisch mit einem pH-Wert von 6,0 und tiefer besonders für die Herstellung von Roherzeugnissen wie Rohschinken und Rohwurst eignen.

Gruppe I.

Im ersten Untersuchungsabschnitt erreichten von 120 Schlachtschweinen 88 Tiere (73,3 Prozent) einen pH-Endwert von 6,0 und darunter und 32 Tiere (26,6 Prozent) einen Endwert über 6,0. Im zweiten Untersuchungsabschnitt erreichten von 40 geschlachteten Schweinen 29 Tiere (72,5 Prozent) einen pH-Endwert von 6,0 und darunter und 11 Tiere (27,5 Prozent) einen pH-Endwert über 6,0.

Gruppe II.

Im ersten Untersuchungsabschnitt erreichten von 120 Schlachtschweinen 115 Tiere (95,8 Prozent) einen pH-Endwert von 6,2 und darunter und 5 Tiere (4,2 Prozent) einen pH-Endwert über 6,2.

Im zweiten Untersuchungsabschnitt erreichten von 40 Schlacht-

schweinen 37 Tiere (92,5 Prozent) einen pH-Endwert von 6,2 und darunter und 3 Tiere (7,5 Prozent) einen pH-Endwert über 6,2.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse beider Untersuchungsabschnitte in Abhängigkeit von der Zeit aufgeführt. Der besseren Übersicht halber sind die Ergebnisse mit ähnlichem charakteristischem pH-Wert-Verlauf in je 4 Tabellen zusammengefaßt. Zusätzlich sind das Geschlecht und das Schlachtgewicht jedes untersuchten Schweines angegeben. Ein vorzeitiges Erreichen des pH-Endwertes ist mit einem "+" gekennzeichnet.

1. Erster Untersuchungsabschnitt.

Tabelle I pH-Endwert unter 6,0 in 2 h erreicht (Schnellkühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	w	80,0	6,6	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
2.	m.	95,0	6,5	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
3.	w	75,0	6,9	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
4.	w	90,0	6,1	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
5.	m	82,0	7,1	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
6.	w	92,5	6,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
7.	w	86,0	6,5	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
8.	m	73,5	6,6	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
9.	w	75,0	6,9	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
10.	m	97,0	7,0	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8

In der Tabelle I sind 10 Schweine zusammengefaßt worden, deren End-pH-Wert innerhalb 2 Stunden erreicht ist und unter 6,0 liegt. Es handelt sich um 4 männliche und 6 weibliche Schweine, deren Schlachtgewicht zwischen 73,5 kg und 97,0 kg liegt. Der Anfangs-pH-Wert liegt zwischen 7,1 und 6,1, der Endwert zwischen 5,9 und 5,7. All diese Schweine zeigen mehr oder weniger deutlich Erscheinungen von Muskeldegeneration in Form von blasser Farbe und Wässerigkeit, davon diejenigen mit tieferem End-pH-Wert etwas deutlicher als die anderen. Die Daumendruckprobe zeigt bei diesen Schweinen einen frühen rigor mortis an.

Tabelle II pH-Endwert in 8 h 6,2 und tiefer (Schnellkühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	m	84,6	6,6	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
2.	w	90,0	6,8	6,5	6,4	6,3	6,2	6,2
3.	m	95,0	6,9	6,7	6,6	6,2+	6,2	6,2
4.	m	79,0	6,6	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1
5.	m	86,0	7,1	6,7	6,5	6,5	6,0	6,0
6.	m	105,0	6,3	6,0	6,0	5,6+	5,6	5,6
7.	w	77,0	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,8
8.	w	103,5	7,0	6,7	6,4	6,2	6,1	6,1
9.	m	81,0	7,0	6,5	6,3	6,2	6,1	6,1
10.	m	80,0	7,0	6,6	6,4	6,3	6,2	6,2
11.	w	80,0	7,0	6,6	6,4	6,3	6,2	6,2
12.	m	85,0	6,7	6,3	6,1	5,9	5,8	5,8
13.	w	89,0	6,9	6,5	6,3	6,3	5,8	5,8
14.	w	105,0	6,8	6,5	6,2	6,0	5,8	5,8
15.	m	88,0	6,3	6,0	6,0	5,7+	5,7	5,7
16.	m	88,5	6,6	6,3	6,2	6,2	6,1	6,1
17.	m	121,0	7,0	6,7	6,4	6,2	6,0	6,0
18.	w	85,0	6,8	5,8	5,6	5,4	5,3	5,3
19.	m	90,5	6,8	6,4	6,4	6,3	6,1	6,1
20.	m	61,5	6,4	6,0	5,9	5,8	5,6	5,6
21.	m	106,0	6,8	6,4	6,2	6,0	5,7	5,7
22.	w	89,5	6,5	6,3	6,2	5,9	5,8	5,8
23.	m	84,0	6,7	6,5	6,2	6,1+	6,1	6,1
24.	w	75,5	6,5	5,8	5,4+	5,4	5,4	5,4
25.	w	90,0	6,9	6,7	6,6	6,1	5,8	5,8
26.	m	85,5	6,6	6,1	6,0	5,8	5,7	5,7
27.	w	80,5	6,8	6,5	6,4	6,1	5,9	5,9
28.	m	77,0	6,4	6,2	6,2	6,2	5,9	5,9
29.	m	92,5	6,7	6,4	6,3	6,2+	6,2	6,2
30.	m	102,5	6,7	6,4	6,3	6,1	5,8	5,8
31.	m	98,5	6,7	6,2	6,1	6,1	5,5	5,5
32.	w	83,0	6,8	6,8	6,6	6,5	6,2	6,2

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
33.	w	82,0	6,2	6,0	5,8	5,5	5,4	5,4
34.	w	87,0	6,4	6,0	6,0	5,8	5,5	5,5
35.	m	89,0	6,5	6,3	6,2+	6,2	6,2	6,2
36.	w	81,0	6,7	6,1	6,1	5,8	5,4	5,4
37.	m	85,5	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	6,1
38.	w	82,5	6,6	6,1	6,1	5,9	5,6	5,6
39.	w	98,0	7,1	6,5	6,4	6,3	6,1	6,1
40.	w	89,5	6,6	6,3	6,3	6,1	6,0	6,0
41.	m	78,5	6,5	5,8	5,8	5,5	5,3	5,3
42.	m	93,5	6,4	6,1	6,1	6,0	5,7	5,7
43.	w	69,5,	6,9	6,6	6,6	6,1	5,9	6,0
44.	m	87,5	6,6	6,0	6,0	5,9+	5,9	5,9
45.	w	99,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,2	6,2
46.	w	90,0	6,8	6,4	6,4	6,1	5,9	5,9
47.	m	101,0	6,6	6,2	6,1	6,0+	6,0	6,0
48.	m	90,5	6,7	6,5	6,3	6,2	6,1	6,1

In Tabelle II sind 48 Schweine zusammengefaßt worden, davon 27 männliche und 21 weibliche mit Gewichten zwischen 75,5 kg und 121,0 kg. Ihre Anfangs-pH-Werte liegen zwischen 7,1 und 6,2. Die pH-End-Werte dieser Gruppe werden in mindestens 8 Stunden erreicht und liegen zwischen 5,3 und 6,2. 7 Schweine erreichen die tiefste Säuerung bereits nach 4 h. Das Fleisch aller Schweine dieser Gruppe zeigt grobsinnlich keine Besonderheiten. Ein hoher oder niedriger Anfangs-pH-Wert läßt nicht auf einen entsprechend hohen oder niedrigen pH-Endwert schließen. Alle nur möglichen Variationen kommen vor.

Tabelle III pH-Endwert in 24 h 6,2 und tiefer (Schnellkühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	w	93,5	7,0	6,8	6,5	6,5	6,5	6,2
2.	m	85,5	6,5	6,1	6,1	6,0	5,9	5,8
3.	w	86,5	6,8	6,4	6,4	6,4	6,3	6,2
4.	w	95,5	6,7	6,3	6,2	6,2	6,2	6,1
5.	m	87,0	6,4	6,0	5,9	5,7	5,7	5,6
6.	m	76,0	7,0	6,6	6,3	6,3	6,1	6,0
7.	w	101,0	6,8	6,5	6,4	6,1	5,8	5,4
8.	w	90,5	6,5	6,1	6,0	5,8	5,8	5,5
9.	m	85,5	6,6	6,5	6,3	6,0	5,9	5,7
10.	w	89,0	6,8	6,3	6,1	5,9	5,7	5,4
11.	w	89,5	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	6,1
12.	m	84,5	7,0	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2
13.	m	82,5	6,4	6,2	6,1	6,1	6,1	5,8
14.	w	95,5	6,8	6,4	6,2	6,1	5,8	5,6
15.	w	90,0	6,9	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2
16.	w	74,5	6,5	6,0	6,0	5,7	5,6	5,3
17.	m	86,5	6,7	6,2	6,1	5,9	5,7	5,6
18.	w	90,0	6,9	6,4	6,3	6,1	5,9	5,7
19.	m	68,5	6,7	6,1	6,1	5,6	5,6	5,5
20.	m	84,5	6,8	6,7	6,5	6,5	6,3	6,0
21.	w	110,0	6,8	6,2	6,1	6,0	5,8	5,6
22.	m	82,0	6,4	6,0	6,0	5,9	5,7	5,3
23.	m	76,5	6,9	6,5	6,4	6,3	6,0	5,9
24.	m	78,0	6,5	6,3	6,2	6,1	5,9	5,7
25.	w	92,0	6,6	6,4	6,3	6,3	6,1	6,0
26.	w	86,5	7,0	6,9	6,7	6,4	6,2	6,1
27.	m	81,5	6,6	6,1	6,1	6,0	5,9	5,8
28.	w	88,0	6,9	6,5	6,5	6,4	6,4	6,2
29.	m	80,0	6,7	6,0	6,0	5,7	5,6	5,3
30.	w	100,5	6,7	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
31.	m	87,0	6,8	6,2	6,1	6,1	5,5	5,4
32.	w	78,0	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9
33.	m	99,0	7,0	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1
34.	m	86,5	6,9	6,2	6,0	6,0	5,8	5,6
35.	w	89,0	6,3	5,7	5,6	5,6	5,7	5,6
36.	w	84,5	6,7	6,5	6,4	6,3	6,2	5,9
37.	m	79,0	6,9	6,3	6,2	6,0	5,4	5,3
38.	m	104,5	6,4	6,1	6,0	5,6	5,6	5,5
39.	w	80,0	6,3	6,0	6,0	5,9	5,9	5,8
40.	m	96,0	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9	5,8
41.	m	87,5	6,6	6,4	6,4	6,2	6,1	6,0
42.	w	101,5	7,1	6,6	6,6	6,4	6,1	5,9
43.	m	82,0	6,6	6,0	6,0	6,0	5,5	5,3
44.	m	105,0	6,8	6,5	6,4	6,2	6,0	5,7
45.	w	89,0	6,6	6,5	6,5	6,5	6,2	6,1
46.	w	79,0	6,5	6,2	6,2	6,1	5,5	5,3
47.	w	91,0	6,7	6,5	6,4	6,1	5,9	5,7
48.	m	75,0	6,7	6,5	6,3	6,3	6,2	6,0
49.	m	90,5	6,6	6,3	6,2	6,0	5,8	5,7
50.	w	82,0	6,2	6,0	5,9	5,8	5,6	5,5
51.	w	78,0	6,8	6,6	6,5	6,3	6,2	6,1
52.	m	86,5	6,5	6,2	6,1	6,1	5,5	5,3
53.	w	91,5	6,6	6,1	6,1	5,9	5,6	5,5
54.	w	101,5	6,7	6,5	6,4	6,2	6,2	6,0
55.	m	81,0	7,0	6,9	6,7	6,6	6,3	6,2
56.	w	95,5	6,6	6,2	6,2	6,1	5,9	5,7
57.	w	92,0	6,8	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0

In Tabelle III sind 57 Schweine, davon 27 männliche und 30 weibliche mit einem Gewicht zwischen 74,0 kg und 110,0 kg zusammengefaßt, deren tiefste Säuerung erst nach 24 Stunden erreicht wird, mit Endwerten von 6,2 und tiefer. Die pH-15'-Werte liegen zwischen 7,0 und 6,2.

Auch in dieser Gruppe ist große Mannigfaltigkeit in der Art des pH-Wert-Abfalles vorhanden. 28 dieser Schweine haben zwischen der vorletzten und letzten Messung (nach 8 h und 24 h) einen pH-Wertabfall von nur 0,1 pH-Einheiten, die übrigen fallen in diesem Zeitraum um 0,2 bis 0,4 Einheiten.

Tabelle IV pH-Endwert 6,3 und höher (Schnellkühlung)

Nr. ==	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	m	95,0	6,9	6,7	6,6	6,4+	6,4	6,4
2.	m	83,0	6,9	6,8	6,5	6,4	6,3	6,3
3.	w	89,0	7,2	6,7	6,6	6,6	6,5	6,5
4.	m	96,0	6,9	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4
5.	w	86,0	6,9	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6

In Tabelle IV sind 5 Schweine, davon 3 männliche und 2 weibliche mit Gewichten zwischen 83,0 kg und 96,0 kg aufgeführt. Ihre Anfangs-pH-Werte liegen zwischen 7,2 und 6,9, ihre Endwerte zwischen 6,3 und 6,6. Diese Endwerte waren in einem Fall innerhalb 6 Stunden, in den übrigen Fällen in 8 Stunden erreicht. Die Muskulatur dieser Schweine war mit schwer feststellbaren graduellen Unterschieden dunkler gefärbt als normales Fleisch.

Der Temperaturablauf in den Mm. adductores der schnell gekühlten Schweine stellt sich wie folgt dar:

nach 15' p.m.	+ 40° C
nach 2 h p.m.	+ 22° C
nach 4h p.m.	+ 16° C
nach 6h p.m.	+ 10° C
nach 8h p.m.	+ 6° C
nach 24h p.m.	+ 2° C

2. Zweiter Untersuchungsabschnitt.

Tabelle I pH-Endwerte unter 6,0 in 2h erreicht (herkömmliche Kühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	m	75,0	6,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
2.	w	79,5	6,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
3.	w	77,0	6,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7

In Tabelle I sind drei Schweine, darunter ein männliches und zwei weibliche mit Gewichten zwischen 75,0 kg und 80,0 kg erfaßt, deren Anfangs-pH-Werte bei 6,5 bis 6,7 liegen und deren End-pH-Wert schon nach zwei Stunden mit Werten zwischen 5,5 und 5,7 erreicht wird. Ebenso wie im ersten Untersuchungsabschnitt ist das Fleisch dieser Tiere mehr oder weniger deutlich blaß und wässerig. Ein früher Rigor mortis ist ebenfalls festzustellen.

Tabelle II pH-Endwert in 8 h 6,2 und tiefer (herkömmliche Kühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	w	87,0	6,6	6,2	6,0+	6,0	6,0	6,0
2.	m	87,0	6,6	6,2	6,1	5,9+	5,9	5,9
3.	w	82,5	6,3	6,0	5,8+	5,8	5,8	5,8
4.	w	76,5	6,5	6,1	5,8	5,6+	5,6	5,6
5.	w	99,0	6,4	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7
6.	w	80,0	6,4	5,9	5,8+	5,8	5,8	5,8
7.	m	102,0	6,7	6,3	6,1+	6,1	6,1	6,1
8.	m	86,0	6,6	6,2	6,0+	6,0	6,0	6,0
9.	w	85,5	6,5	6,1	5,9+	5,9	5,9	5,9

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
10.	w	124,5	6,6	5,9	5,6+	5,6	5,6	5,6
11.	m	100,0	6,8	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1
12.	m	81,0	6,5	6,1	5,8	5,8	5,6	5,6
13.	w	89,0	6,7	6,2	6,0	6,0	5,9	5,9
14.	w	82,5	6,6	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8
15.	m	93,0	6,7	6,1+	6,1	6,1	6,1	6,1
16.	w	87,5	6,8	6,4	6,2+	6,2	6,2	6,2
17.	m	89,0	6,8	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
18.	w	90,0	6,5	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
19.	m	80,0	6,4	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8
20.	w	84,0	6,6	6,3	6,2	6,2	6,1	6,1
21.	m	88,0	6,7	6,1	6,0	5,9	5,8	5,8
22.	w	87,5	6,9	6,5	6,3	6,3	6,2	6,2
23.	w	82,0	6,6	6,0#	6,0	6,0	6,0	6,c
24.	m	78,0	6,6	5,8	6,0	6,0	5,9	5,9
25.	m	90,0	6,6	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
26.	m	90,0	6,6	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
27.	m	92,5	6,7	6,4	6,2	6,1+	6,1	6,1

In Tabelle II sind 27 Schweine, und zwar 13 männlichen und 14 weiblichen Geschlechtes und Schlachtgewichten zwischen 78,0 kg und 124,5 kg aufgeführt. Die pH_{15'}-Werte liegen zwischen 6,3 und 6,9, die pH-Endwerte zwischen 5,6 und 6,2. Die Endwerte sind bei zwei Schweinen bereits nach 2 Stunden, bei 8 Schweinen nach 4 Stunden, bei 3 Schweinen nach 6 Stunden und bei den übrigen nach 8 Stunden erreicht. Bei der visuellen Betrachtung ist die organoleptische Beschaffenheit der Muskulatur normal.

Tabelle III pH-Endwert in 24 h 6,1 und tiefer (herkömmliche Kühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	m	84,5	6,7	6,3	6,1	6,1	6,0	5,8
2.	m	78,0	6,7	6,2	6,2	6,2	6,2	6,1
3.	w	96,5	6,6	6,1	5,9	5,9	5,8	5,6
4.	w	95,0	6,6	6,1	6,0	6,0	5,9	5,8
5.	m	71,5	6,6	6,0	5,6	5,6	5,5	5,4
6.	m	79,0	6,5	5,8	5,7	5,6	5,6	5,5
7.	w	80,5	6,6	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0

In Tabelle III sind 7 Schweine davon 4 männliche und drei weibliche mit Schlachtgewichten zwischen 71,5 kg und 96,5 kg, sowie Anfangs-pH-Werten zwischen 6,5 und 6,7 und Endwerten zwischen 5,4 und 6,1 zusammengefaßt. Ihr pH-Abfall dauert 24 Stunden. 5 Schweine hatten im M.adductor zwischen der 8. und 24. Stunde nach der Schlachtung nur noch eine Senkung um 0,1 pH-Einheiten. Das Aussehen des Fleisches ist in allen Fällen ohne Besonderheiten.

Tabelle IV pH-Endwert 6,3 und höher (herkömmliche Kühlung)

Nr.	Geschl.	Gewicht in kg	pH _{15'}	pH _{2h}	pH _{4h}	pH _{6h}	pH _{8h}	pH _{24h}
1.	m	89,5	6,9	6,4+	6,4	6,4	6,4	6,4
2.	m	76,5	6,5	6,5	6,4	6,3+	6,3	6,3
3.	m	89,0	6,7	6,5	6,4	6,3+	6,3	6,3

In Tabelle IV sind drei männliche Schweine mit Schlachtgewichten zwischen 76,5 und 89,5 kg aufgeführt, deren Anfangs-pH-Werte zwischen 6,5 und 6,9 und deren End-pH-Werte bei 6,3 und 6,4 liegen. Bei einem Schwein ist

die tiefste Säuerung bereits nach 2 Stunden, in den anderen Fällen nach 6 Stunden erreicht. Das Fleisch der Tiere dieser Gruppe war dunkler als normales.

Der Temperaturablauf in den Mm. adductores der herkömmlich gekühlten Schweine stellt sich wie folgt dar:

nach 15'	p.m.	+ 40°C
nach 2h	p.m.	+ 32°C
nach 4h	p.m.	+ 24°C
nach 6h	p.m.	+ 20°C
nach 8h	p.m.	+ 16°C
nach 24h	p.m.	+ 8°C

3. Auswertung der beiden Untersuchungsabschnitte.

In Auswertung der Ergebnisse ist in der folgenden Abbildung 1 die Frequenzverteilung der pH-Werte nach der Zeit für den ersten Untersuchungsabschnitt dargestellt.

Die aus diesen Zahlen errechneten Mittelwerte und der Temperaturablauf sind in Abbildung 2 graphisch dargestellt.

In den Abbildungen 3 und 4 sind die Ergebnisse des zweiten Untersuchungsabschnittes auf die gleiche Art dargestellt.

Abb.1.: Verteilung der pH-Werte im M.adductor von 120 schnell-
gekühlten Schweinen nach der Zeit.

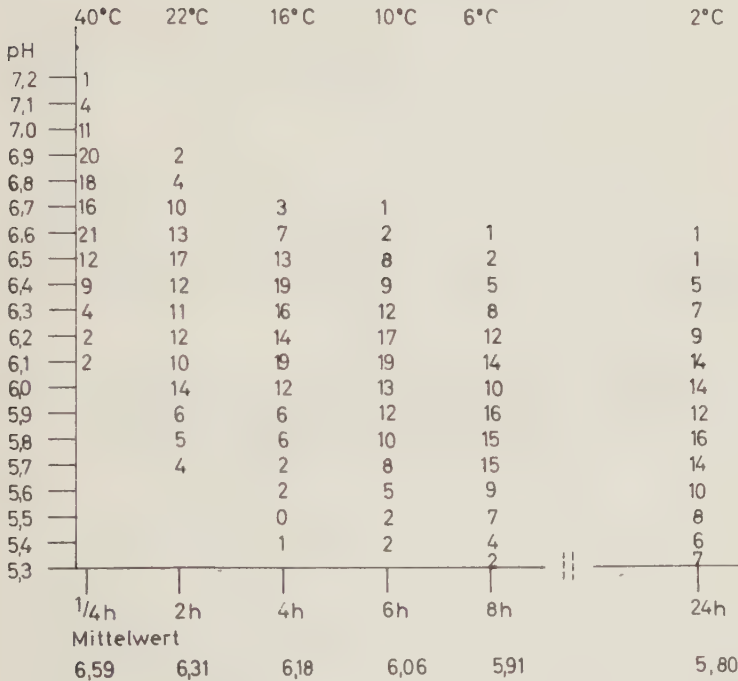
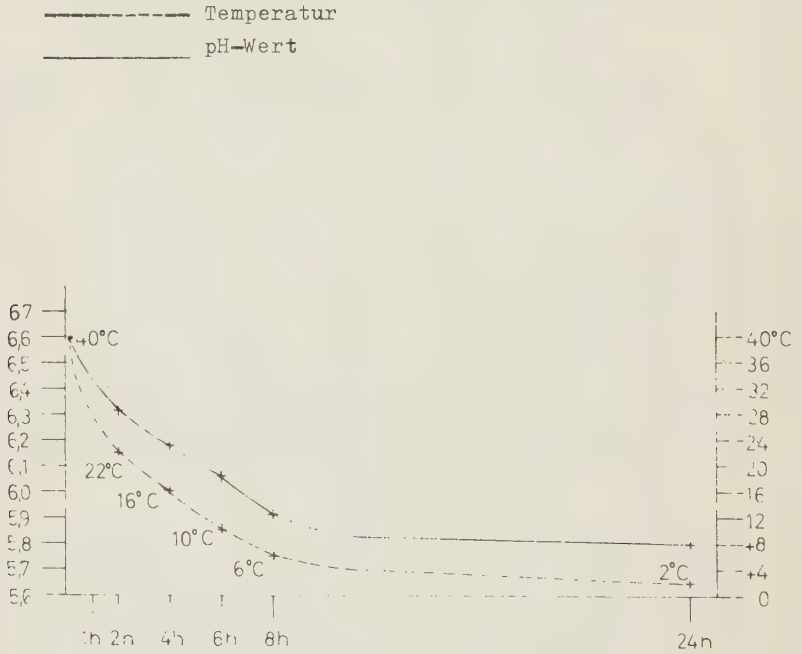


Abb.2.: Graphische Darstellung der errechneten Mittelwerte
und Temperaturverlauf.



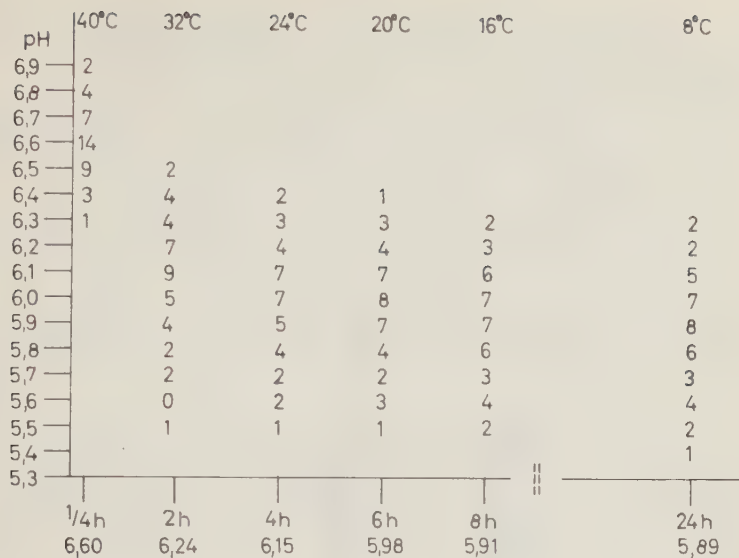


Abb.3: Verteilung der pH-Werte im M.adductor von 40 "normal" gekühlten Schweinen nach der Zeit.

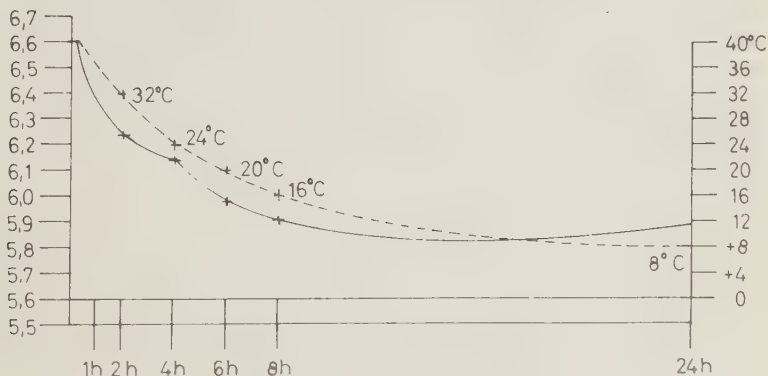


Abb.4: Graphische Darstellung der errechneten Mittelwerte und Temperaturablauf.

Diese Darstellungen (Abb.1 bis 4) vermögen keinen Aufschluß zu geben, in welchem Zeitraum die einzelnen Schweine welchen End-pH-Wert erreichten. Außer einigen Schweinen, die annähernd einen pH-Wert-Verlauf entsprechend der in Abbildungen 2 und 4 errechneten Mittelwerte aufwiesen, hatten die meisten eine mehr oder weniger stark vom Mittel abweichende pH-Verlaufskurve. Manche erreichten im kontinuierlichen pH-Wert-Abfall ihre pH-Endwerte, andere hatten wechselnd größere oder kleinere Intervalle beim pH-Wert-Abfall. Dies trifft für beide Untersuchungsabschnitte in gleichem Maße zu.

In der folgenden Abbildung 5 ist für die beiden unterschiedlich gekühlten Untersuchungsgruppen die prozentuale Verteilung der vier als charakteristisch herausgefundenen Typen im pH-Wert-Verlauf (Tabellen I bis IV) graphisch dargestellt.

Typ 1 = pH-Endwert in 2 h unter 6,0 ;

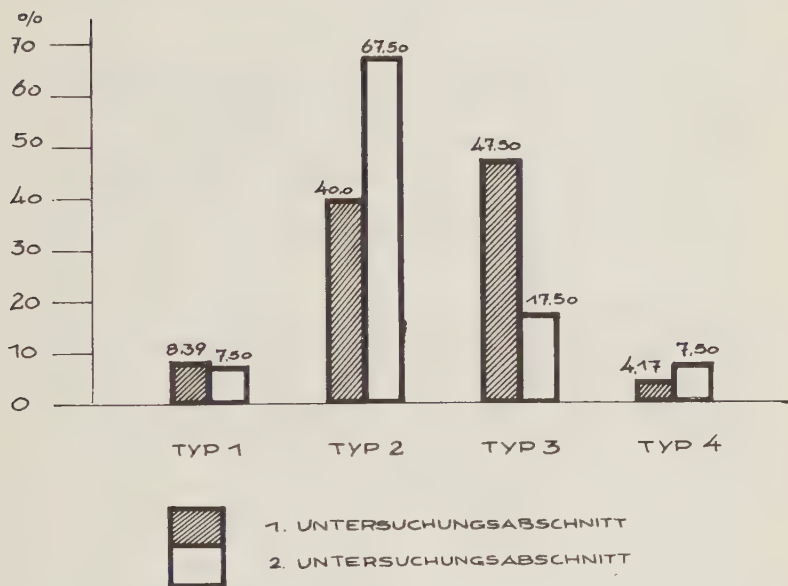
Typ 2 = pH-Endwert in 8 h 6,2 und tiefer;

Typ 3 = pH-Endwert in 24h 6,2 und tiefer;

Typ 4 = pH-Endwert 6,3 und höher.

Bei Betrachtung der Abbildung 5 fällt auf, daß im ersten Untersuchungsabschnitt (Schnellkühlung) der größte Teil der untersuchten Schweine zu den Typen 2 und 3 zählt, wobei der Typ 3 geringgradig vorherrscht. Auch im zweiten Untersuchungsabschnitt (herkömmliche Kühlung) zählt der größte Teil der untersuchten Tiere zu den Typen 2 und 3. Hier überwiegt aber der Typ 2 stark.

Abb.5: Prozentuale Verteilung der vier Typen des pH-Verlaufs beider Untersuchungsgruppen.



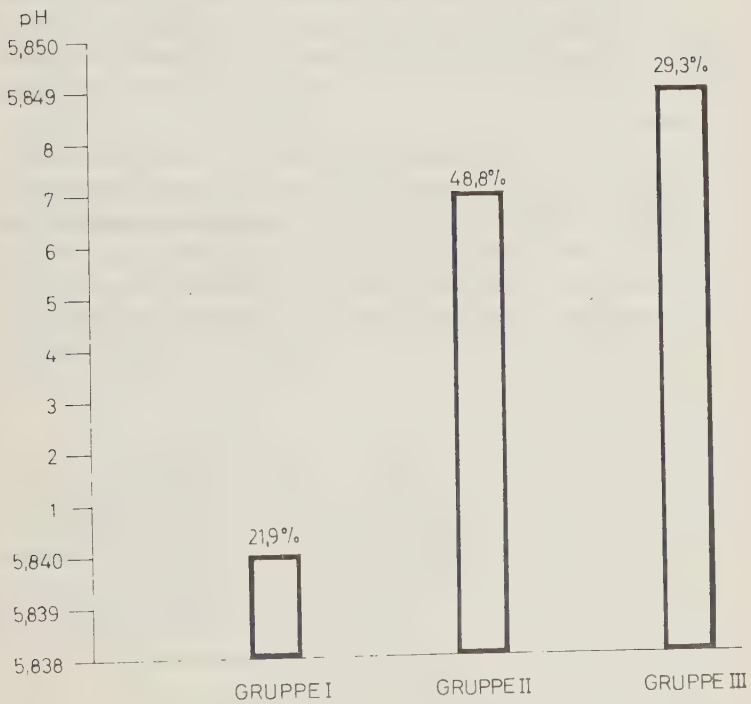
Durch das Geschlecht der Schweine bedingte pH-Unterschiede konnten in beiden Untersuchungsabschnitten nicht festgestellt werden.

Das Schlachtgewicht hatte, wie in Abbildung 6 zu sehen ist, einen geringgradigen Einfluß auf die Säuerung. Alle 160 untersuchten Schweine sind in drei Gewichtsklassen unterteilt:

Gruppe	I	:	35 Schweine mit einem Schlachtgewicht bis zu 80,0 kg
Gruppe	II	:	78 Schweine mit einem Schlachtgewicht zwischen 80 und 90 kg
Gruppe	III	:	47 Schweine mit einem Schlachtgewicht über 90 kg.

Aus der Abbildung ist die prozentuale Verteilung der einzelnen Gruppen und die Höhe der errechneten pH-Mittelwerte jeder Gewichtsguppe zu ersehen. Leichte Schweine erreichen einen etwas niedrigeren End-pH-Wert als schwerere. Da die Differenz unter 0,1 pH-Einheiten liegt, ist dies in der Praxis unbedeutend.

Abb.6.:Einfluß des Schlachtgewichtes auf den pH-Wert.



4. Eignung des Gerätes.

Zur Eignung des Meßgerätes läßt sich folgendes aussagen:

Das bei meinen Untersuchungen benutzte Gerät erwies sich durch das gut gesicherte Tragen mittels Lederriemen eng am Körper als sehr praktisch und empfehlenswert zur ambulanten pH-Wert-Feststellung. Selbst tiefes Bücken des Untersuchers bereitet dank der günstigen Gestaltung der Tragevorrichtung keine Schwierigkeiten. Sind die räumlichen Verhältnisse sehr eng, was meist in Kühlräumen der Fall ist, erwies es sich als zweckmäßig, die Verbindungsschnur zwischen Gerät und Meßelektrode nicht frei herunter hängen zu lassen, sondern im Bogen um den Hals des Untersuchers zu hängen. Sie ist dann immer noch lang genug, um die Meßstellen gut zu erreichen. Läßt man das Kabel einfach herunterhängen, verfängt es sich leicht in den Vorderextremitäten der nach unten hängenden Schweinehälften und wird dabei aus dem Aufbewahrungsglas herausgezogen.

Es erscheint wünschenswert, daß die Industrie Meßketten entwickelt, die zumindest zum Teil mit einem festen, vielleicht metallenen Mantel geschützt sind.

Sehr praktisch wäre auch, wenn es Zellstoff zum Säubern der Meßketten in Rollenform mit Abreißlochnungen gäbe.

D. Besprechung der Ergebnisse.

Ein exakter Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit denen einer Reihe älterer Autoren ist aus folgenden Gründen nicht möglich:

1. Methodik ist oft nicht angegeben;
2. Die Art der Kühlung wurde nicht berücksichtigt, oder es ist nach der Materialentnahme überhaupt nicht gekühlt worden;
3. Die pH-Wert-Messungen wurden meist nicht kontinuierlich bis zur tiefsten Säuerung durchgeführt;
4. Es wurden andere Muskeln zur Messung gewählt;
5. Die Anzahl der untersuchten Tiere war häufig zu klein.

Vergleichbar sind die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit mit denen von Bendall und Mitarbeitern (9), Wismer-Pedersen und Briskey (140) und van Logtestijn (80).

Bendalls Ergebnisse konnten zum Teil durch diese Arbeit bestätigt werden. Er teilt die Schweine in nur 2 Gruppen mit schnellem und langsamem pH-Wertabfall ein und findet ebenfalls beim Erreichen eines niedrigen End-pH-Wertes in 2,5 Stunden Fleischdegeneration.

Wismer-Pedersen und Briskey teilen zwar in vier Gruppen ähnlichen pH-Wert-Verlaufes ein, finden aber nicht die Gruppe mit mangelhafter Säuerung. Über die Bedeutung der Einteilung in Gruppen für die Praxis sagen sie nichts aus.

Van Logtestijn teilt seine Ergebnisse in drei Gruppen von Schlachtschweinen mit typischem pH-Wert-Verlauf ein. Seine Gruppen 1 und 3 sind etwa gleich der Einteilung in Tabelle I und Tabelle IV dieser Arbeit. Die von ihm beschriebene Gruppe 2 ist hier aus noch zu erklärenden Gründen in 2 Tabellen unterteilt.

Die Einteilung der Ergebnisse in 4 Tabellen macht es möglich, Schweine mit unterschiedlicher Qualität hinsichtlich pH-Wert-Verlauf und organoleptisch feststellbarer Fleischbeschaffenheit einzuordnen und außerdem meist den Zeitpunkt für die letzte Messung, d.h. Endbeurteilung bei der Fleischuntersuchung, festzusetzen.

In der Tabelle I (pH-Endwert in 2 h erreicht) finden sich ohne Unterschied der Kühlmethode ausnahmslos Schweine mit verschiedenen Graden von Fleischdegenerationen, denen bei der Fleischuntersuchung besonderes Augenmerk zu widmen ist.

Nach van Logtestijn beträgt der Anteil dieser Schweine bei seinen Untersuchungen 22,7 Prozent, in dieser Arbeit bei Schnellkühlung 8,33 Prozent und bei herkömmlicher Kühlung 7,5 Prozent. Übereinstimmend wird festgestellt, daß Schweine leichter Gewichtsklassen bei diesem pH-Wert-Verlaufstyp stärker beteiligt sind.

Die Schweine der Tabellen II (pH-Endwert in 8 h 6,2 und tiefer) und III (pH-Endwert in 24 h 6,2 und tiefer) sind als "normal" anzusehen. Eine Unterteilung in diese beiden Gruppen wurde deswegen vorgenommen, weil die Schweine der Tabelle II immer nach 8 Stunden (also meist noch am Schlachttag), beurteilt werden können. Dies kann in der Praxis von großer Bedeutung sein.

Nach van Logtestijn gehören dazu 65 Prozent aller Schweine. Rechnet man die Schweine der Tabelle III, deren pH-Wert zwischen 8 h und 24 h nur um 0,1 pH-Einheiten abfällt, was für die Praxis unbedeutend ist, zu denen der Tabelle II dieser Arbeit hinzu, kann man nach meinen Ergebnissen bei schnell gekühlten Schweinehälften in 63,3 Prozent und bei herkömmlich gekühlten bei 75,0 Prozent der Fälle bereits nach 8 Stunden eine abschließende pH-Wert-Feststellung vornehmen.

In Tabelle IV (pH-Endwert 6,3 und höher) sind die Schweine mit ungenügender Glykolyse zu finden, die aus irgend einem Grund (stress) Glykogenmangel im Muskel aufwiesen. van Logtestijn findet diesen Typ in 6,6 Prozent der Fälle. Bei meinen Untersuchungen konnten im ersten Abschnitt 4,2 Prozent, im zweiten Abschnitt 7,5 Prozent dieser Gruppe zugerechnet werden. Der Tiefpunkt der Säuerung ist immer in spätestens 8 Stunden erreicht.

Die Einteilung in vorgenannte Gruppen ermöglicht es, in der Praxis die Schweine durch zwei bis drei pH-Wertmessungen für ihre Eignung in fleischtechnologischer Hinsicht zu selektieren.

Da ein am Ende der Schlachtlinie (nach 15 Minuten bis 30 Minuten) gemessener hoher oder niedriger pH-Wert nichts über den weiteren Verlauf der Fleischsäuerung aussagt, genügt eine erste Messung nach 2 Stunden. Dabei können schon die Schweine der Tabelle I mit schlechten technologischen Eigenschaften (schlechte Hydratation) selektiert werden. Die zweite Messung erfolgt am besten nach 8 Stunden. Dabei können die Schweine der Tabelle II als normal erkannt werden, wenn der pH-Wert bei 6,2 und tiefer liegt. Liegen Werte über 6,2 vor, muß eine dritte Messung nach 24 Stunden erfolgen, um zu ermitteln, ob ein Schwein vom Typ der Tabelle III vorliegt, das in dieser Zeit einen Wert von 6,2 und tiefer erreicht haben müßte, oder ob es sich um einen Tierkörper vom Typ der Tabelle IV handelt.

In allen Fällen sollte man zur Beurteilung die bei einiger Übung einfache Daumendruckprobe bei der ersten Messung zur Feststellung des Rigor-Zustandes anwenden. van Logtestijn hält die pH-Wert-Messung nach 30 Minuten, zusammen mit der Rigor-Bestimmung für wahrscheinlich ausreichend, die Schweine zu selektieren.

Mit einiger Übung ist eine pH-Wertmessung nach 24 Stunden zusammen mit der visuellen Beurteilung der Muskulatur an verschiedenen Körperstellen genügend zur Einteilung in die verschiedenen Gruppen. Dabei findet man außer den normalen Schweinen die anderen heraus:

1. solche mit blasser, wässriger Muskulatur und niedrigem pH-Wert unter 6,0 und
2. solche mit dunkler rot gefärbter Muskulatur und hohem pH-Wert 6,3 und höher.

Beim Vergleich der Werte in den beiden Untersuchungsabschnitten ist festzustellen, daß die Glykolyse bei herkömmlicher Kühlung zunächst schneller abläuft als bei schnell gekühlten Schweinen. Viel mehr Schweine erreichen bis 8 Stunden nach der Schlachtung ihren End-pH-Wert (Abb.5). Bei den schnell gekühlten Schweinen werden aber nach 24 Stunden etwas tiefere pH-Endwerte erreicht. Beim Vergleich der Mittelwerte (Abb.2 und 4) sehen wir, daß bei gleichen Anfangs-pH-Werten die nach 2 h, 4 h und 6 h gemessenen Werte bei schnell gekühlten Schweinen etwas höher liegen. Nach 8 h sind die Mittelwerte in beiden Untersuchungsabschnitten gleich, und anschließend sinken die schnell gekühlten Schweine auf einen um 0,1 pH-Einheiten niedrigeren Endwert, was als Vorzug bei der Schnelkkühlung angesehen werden kann.

Es konnte auch festgestellt werden, daß bei den schnell gekühlten Schweinen mehr Tiere, und zwar 22 oder 18,3 Prozent (Tiere der Tabellen II und III) mit ihrem pH-Wert in den Bereich des isoelektrischen Punktes von pH 5,5 und tiefer gelangten, als bei den herkömmlich gekühlten Schweinen, wo es nur 2 Tiere oder 5 Prozent waren.

Auffallend ist, daß insgesamt gesehen von den in den Tabellen II und III beider Untersuchungsabschnitte als "normal" zu beurteilenden 139 Schlachtschweinen nur 24 Tiere oder 17,3 Prozent mit ihrem pH-Wert in den Bereich des isoelektrischen Punktes kamen.

Die Meßstelle in den Mm. adductores erwies sich als sehr zweckmäßig wegen der leichten Erreichbarkeit (in den meisten Kühlhäusern etwa in Augenhöhe des Untersuchers) der zur Sinnesprüfung günstigen Muskelfläche und weil sie durch Vergleichsmessungen mit anderen Muskeln nach van Logtestijn als sehr repräsentativ für den Durchschnitts-pH-Wert aller Muskeln normaler Schweine angegeben werden kann.

Batteriegeräte zur pH-Wert-Messung mit einer Bereitschaftstasche sollten in Zukunft bei richtiger Anwendung und Ausnutzung der Erkenntnisse eine große praktische Bedeutung, besonders in Fleischwarenfabriken, erlangen. Die Einfachheit der Anwendung und der im Verhältnis zum erreichbaren Nutzeffekt minimale finanzielle Aufwand verlangen geradezu nach einer Anwendung dieser Meßmethode in jedem Fleisch verarbeitenden Betrieb.

E. Zusammenfassung.

Bei der Literaturbearbeitung wurden die komplizierten biochemischen Vorgänge im Fleisch warmblütiger Schlacht-tiere, die die pH-Wertänderung bis zur tiefsten Säuerung verursachen, besonders berücksichtigt. Ferner wurden die in der zugänglichen Literatur enthaltenen Angaben über bisher gefundene pH-Werte von Schweinefleisch, über das Erscheinungsbild des blassen und wässerigen Schweine-fleisches, über die Bedeutung des pH-Wertes von Fleisch in der Fleischhygiene und -technologie, sowie über den Einfluß von Kälte auf Fleisch bearbeitet.

In eigenen Untersuchungen wurde der pH-Wert-Verlauf in den Mm. adductores von 120 schnell gekühlten und 40 herkömmlich gekühlten Schweinen elektrometrisch mit einem Batteriegerät 15 Minuten, 2h, 4h, 6h, 8h und 24h nach der Tötung unter Temperaturkontrolle verfolgt.

Die Untersuchungsergebnisse lassen den Schluß zu, daß ohne Rücksicht auf die angewandten unterschiedlichen Kühlmethoden, die Schlachtschweine in vier Typen mit charakteristischem pH-Wert-Verlauf einteilbar sind:

- Typ 1 : pH-End-Wert in 2h unter 6,0
(Schweine mit degeneriertem Fleisch)
- Typ 2 : pH-End-Wert in 8h 6,2 und tiefer
(normale Schweine)
- Typ 3 : pH-End-Wert in 24h 6,2 und tiefer
(normale Schweine)
- Typ 4 : pH-End-Wert 6,3 und höher
(Schweine mit mangelhafter Fleischsäuerung)

Bei schnell gekühlten Schweinen verlief die pH-Wert-senkung langsamer, erreichte aber einen um 0,1 pH

niedrigeren Endwert als bei herkömmlich gekühlten Schweinen.

Eine Beeinflussung des pH-Wertes durch das Geschlecht war nicht feststellbar.

Das Körpergewicht wirkte sich nur geringfügig auf die pH-Wert-Entwicklung aus.

Die Zuordnung eines Schlachtschweines zu einer der genannten Typen kann mit Sicherheit durch eine pH-Wert-Messung nach 24 Stunden unter gleichzeitiger organoleptischer Prüfung der Beschaffenheit des Muskelfleisches vorgenommen werden. Darüber hinaus ist es aber möglich, bereits nach 2 Stunden blasses und wässriges Fleisch zu erkennen und nach 8 Stunden für die Verarbeitung geeignetes Fleisch (pH-Wert 6,2 und tiefer) herauszufinden, mit der Einschränkung, daß Fleisch, welches zu diesem Zeitpunkt noch pH-Werte über 6,2 aufweist, nach 24 Stunden noch einmal gemessen werden muß, um seine mögliche Zugehörigkeit zum Typ 4 auszuschließen.

Das für die Messungen verwandte tragbare pH-Meßgerät "Hauptner" mit Tragetasche nach Bartels und Hadlok erwies sich für die Anwendung in der Praxis als sehr gut geeignet und kann empfohlen werden.

F. Literaturverzeichnis.

1. Andrjewski, P. Praktische Methoden zum Nachweis
der Bakterienvermehrung im Fleisch
und zur Erkennung vergiftungsge-
fährlichen Fleisches.
Z.f.Inf.Krankh.d.Haustiere 32, 89,
(1928).
2. Bartels, H. Die Untersuchung der Schlachttiere
und des Fleisches.
Verl.Paul Parey, Berlin, (1967)
(im Druck).
3. Bartels, H. Ruhezzeiten für Schlachttiere - moderne
Schlachthofhygiene - zweckmäßige
Fleischkühlung.
Fleischwirtschaft, 34, (6) 51, (1954).
4. Bartels, H. International übliche Anforderungen
bei Gewinnung (Schlachtung) und Unter-
suchung von Fleisch.
Fleischwirtschaft, 33, (5) 264, (1953).
5. Bartels, H. Tragbares pH-Meßgerät mit Batterie-
anschluß für Schlachthöfe und Fleisch-
warenfabriken.
Fleischwirtschaft, 45, 670, (1965).
6. Bartels, H. Beurteilung hell verfärbten Schweine-
Hadlok, R. fleisches.
Fleischwirtschaft, 46, 165, (1966).
7. Bates, R.G. Electrometric pH-Determinations,
Theorie and Practice.
Wiley, New York, (1954).
8. Bendall, J.R. Post Mortem Changes in Muscle.
Academic press, New York and London
(1960).
9. Bendall, J.R. Post Mortem Changes in the Muscles of
Hallund, O. Landrace Pigs.
Wisner-Pedersen, J. Food Science, 28, 156, (1963).
10. Bendall, J.R. Wässeriges Schweinefleisch.
Lawrie, R.A. Eine Diskussion über Symptome und
Ursachen.
Fleischwirtschaft, 44, 16, 411 (1964).

11. van den Berg, L. pH-Messungen bei niederen Temperaturen unter Verwendung modifizierter Kalomel- und Glaselektroden.
Analyt.Chemie, 32, 628, (1960).

12. Blanchard, L. Recherches sur le pH des viandes de boucherie.
Névot, A.
Pantaléon, J.
Poisson, J.
Bull. de l'Académie Vétérinaire de France.
24, 33, (1951).

13. Blomquist, Sv.M. Einfluß der Betäubung auf den pH-Wert, Fleischwirtschaft, 38, (10), 840, (1958).

14. Bongert, J. Veterinäre Lebensmittelüberwachung.
Verl.v.R.Schaetz, Berlin (1925).

15. Briskel, E.H. Biochemistry of Pork Muscle Structure.
Wisner-Pedersen, J. I.Rate of Anaerobic Glycolysis and Temperature Change versus the Apparent Structure of Muscle Tissus.
Food Science, 26, 297, (1961).

16. Brönstrup, K.H. Die vorzeitige Totenstarre als ein Hinweis auf eine Qualitätsminderung des Fleisches.
Arch.Lebensmittelhyg., 8, 173, (1958).

17. Brönstrup, K.H. Können die Hilfsuntersuchungsmethoden für die Beurteilung von Not- und Krank-schlachtungen zur Entlastung der in der Fleischuntersuchung tätigen Tier-ärzte in den staatlichen Veterinär-untersuchungsämtern durchgeführt werden ?
Arch.f.Lebensmittelhyg., 12, 33, (1961).

18. Burke, H. Zur Frage der Schnellabkühlung von Fleisch.
Kältetechnik, 8, 187, (1956).

19. Clément, P. La congélation rapide des viandes.
Revue général du Froid, France.
37, 905, (1960).

20. Cuklin, S. Essai de Congélateurs lors de la congélation de la viande.
Cumak, J.
Mogilevski, J. Ref.in. Bull.de l'Institut International du Froid, 41, 1786, (1961).

21. Dahl, O. Proteolytische Vorgänge bei der Reifung von Fleisch.
Die Nahrung, 6, 492, (1962).
22. Dangschat, E. Einstab-Elektrode (Taschen-pH-Meter)
Typ 54 Weilheim nach Slevogt).
Fleischwirtschaft, 38, (10), 564,
(1958).
23. Diemair, W. Die Haltbarmachung von Lebensmitteln
und ihre Grundlagen.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart,
(1946).
24. Dräger, H. Die Kältekonservierung unserer
tierischen Lebensmittel.
Fleischwirtschaft, 35, (7) 22,
(1955).
25. Drosdow, F. Praktischer Leitfaden durch die Bio-
chemie des Fleisches.
Akademie-Verlag, Berlin, (1954).
26. Emblik, E. Über die modernen Abkühlverfahren von
Fleisch in Schlachthöfen.
Schlacht- und Viehhofzeitung, 63,
447, (1963).
27. El Shamaa, Z.A. Die Hygiene und Kühlkette beim Tot-
versand von Schlachtvieh.
Schlacht- und Viehhofzeitung, 62,
447, (1962).
28. Flechtenmacher, W. Kältetechnische Verfahren in der
Nahrungsmittel-Industrie.
Die Kälte, 17, 199, (1964).
29. Franke, A. Lexikon der Physik.
2.Aufl. Franckh'sche Verlagshandlung,
Stuttgart, (1963).
30. Frei, W. Allgemeine Pathologie für Tierärzte.
5.Aufl. Paul Parey, Berlin und Ham-
burg, (1963).
31. Frühwald, O. Die moderne Schnellabkühlung des
Fleisches.
Fleischwirtschaft, 33, (5), 25, (1953).
32. Frühwald, O. Die Konservierung von Fleisch durch
Kälte, unter besonderer Berücksichti-
gung der Schnellkühlung.
Fleischwirtschaft, 36, (8), 723,
(1956).

33. Gaetano, L. Zartes und zähes Fleisch.
L'alim.ital., III, 24 (1961)
Ref.in: Fleischwirtschaft, 42, (14),
44, (1962).
34. Geiger, F. Zur Bewertung der Wasserstoffionen-
konzentration für die Untersuchung
animal.Lebensmittel und Untersuchungen
über die Wasserstoffionenkonzentration
in Rindereutern. Vet.med.Diss.Hannover,
(1936).
35. Giske, W. pH-Meter 22 aus Dänemark.
Fleischwirtschaft, 44, (16), 118,
(1964).
36. Glauning, W. Spezial-Indikatorpapier "Merck" pH
5,4 - 7,0, ein wertvolles Hilfsmittel
bei der Beurteilung von Notschlach-
tungen.
Tierärztliche Umschau, 15, 60, (1960).
37. Grau, R. Grundlagen und Fortschritte der
Lebensmitteluntersuchung.
A.W. Hayn's Erben, Berlin, (1960).
38. Grau, R. Fleisch und Fleischwaren.
A.W. Hayn's Erben, Berlin (1960).
39. Grau, R. Spontane und willkürliche beeinflusste
Veränderungen im Muskelfleisch nach
der Schlachtung.
Dtsch.Tierärztl.Wschr., 66, 278,
331, (1959).
40. Grau, R. Geräte zur pH-Wert-Bestimmung.
Fleischwirtschaft, 40, (12), 585, (1960)
41. Grau, R. Über die beim Reifen von Fleisch und
Günther, H. Fleischerzeugnissen vorkommenden
organischen Säuren und zur Methode
ihrer Isolierung und Trennung.
Fleischwirtschaft, 42, (14), 184,
(1962).
42. Grau, R. Untersuchungen über die Veränderungen
Mirna, A. der Farbe von Rindfleisch nach der
Schlachtung.
Z.f.Lebensmittelunters.- und -for-
schung, 106, 6, (1956).

43. Grüttner, F. Über die Feststellung der Wasserstoff-
ionenkonzentration als Hilfsmittel
für die Beurteilung des Fleisches.
Z.f.Inf.Krankh.d.Haustiere, 36,
287, (1929).
44. Grüttner, F. Taschenbuch der Fleischwarenherstellung.
Lienhop, E. 6.Aufl.Verl.Hempel, Braunschweig,
(1962).
45. Hamm, R. Adenosintriphosphorsäure und ihre
Bedeutung für die Fleischqualität.
Vortrag, gehalten auf der zweiten
Arbeitstagung erop.Fleischforscher
in Kulmbach; 29.7. bis 2.8.1956.
46. Hamm, R. Was ist pH-Wert ?
Fleischwirtschaft, 44, (16) , 678,
(1964).
47. Hamm, R. ATP und ihre Bedeutung für die Fleisch-
qualität.
I.Die Bedeutung der ATP im lebenden
Muskel.
Fleischwirtschaft, 37, (2), 692, (1957).
48. Hamm, R. ATP und ihre Bedeutung für die Fleisch-
qualität.
II. Die Funktion der ATP bei den post-
mortalen Veränderungen des Muskels.
Fleischwirtschaft, 38, (10), 80, (1958).
49. Hamm, R. Biochemische Faktoren der Fleisch-
qualität und ihre Bedeutung bei der
Verarbeitung von Rindfleisch.
Fleischwirtschaft, 44, (16), 9, (1964).
50. Hamm, R. Die postmortale Änderung der Bindung
von Magnesium, Calcium, Zink und
Eisen im Rindermuskel.
Z.f.Lebensmitteluntersuchung und
-forschung, 117, 132, (1962).
51. Hamm, R. Die postmortalen Veränderungen des
Fleisches.
Fleischwirtschaft, 36, (8), 539, (1956).
52. Hamm, R. Fleischforschung auf der 20.Jahres-
tagung des "Institute of Food
Technologists" in San Francisco, 15. bis
19.5.1960.
Fleischwirtschaft, 40, (12), 667,
(1960).

53. Hamm, R. Fleischforschung aus der Sicht der Cytochemie. Fleischwirtschaft, 46, 430, (1966).
54. Hamm, R. Hydratation und Rigidität des Rinder-muskels. Z.f.Lebensmitteluntersuchung und -forschung, 109, 113, (1959).
55. Hamm, R. Proteinladung und Muskelhydratation. Z.f.Lebensmitteluntersuchung und -forschung, 109, 337, (1959).
56. Harling, G. Blutuntersuchungen und pH-Messungen zur Feststellung der Transporter-müdung bei Schlachtschweinen. Vet.med.Diss., Berlin, (1955).
57. Hart, P.C. Sybesma, W. Einfluß der Entfernung der Speckhaut auf die Fleischqualität von Schweinen. Votr., gehalten auf dem X. Internat. Kongreß der Fleischforschungsinstitute in Roskilde, Dänemark, (1964).
58. Herzner, R. Mann, O. Studien über den Nachweis beginnender Fleischfäulnis. Z.f.Untersuchung der Lebensmittel, 52, 215, (1926).
59. Hoppe-Seyler, Thierfelder, Handbuch der physiologischen- und pathologisch-chemischen Analyse. 10, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Jena, (1964).
60. Howard, A. Lawrie, R.A. Studies on Beef Quality. Div.of Food preservation and transport, Technic.Paper Nr.2, Melbourne, (1956).
61. Jasper, W. Die abgebrochene Schnellkühlung von Schweinehälften. Schlacht- und Viehhofzeitung, 59, 305, (1959).
62. Jasper, W. Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Gefrierverfahrens durch schlacht-warmes Einfrieren von Fleisch. Schlacht- und Viehhofzeitung, 58, 272, (1958).
63. Jungclaus, K. Zur Bewertung der Wasserstoffionen-konzentration für die Beurteilung des Fleisches notgeschlachteter Rinder und Schweine. Vet.med.Diss., Gießen, (1937).

64. Kallert, E. Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung der Konservierung von Fleisch durch Kälte.
Sonderdruck aus: Handbuch der Kältetechnik 10, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1969).
65. Karasey, M.
Sina, M. Untersuchungen über den pH-Wert des Fleisches von Rindern und Schafen mittels kolorimetrischer Methoden in der Türkei.
Vet.Fak. Dergisi Ankara, 4, 71, (1957),
Ref.in : Die Veterinärmedizin 12, (1959).
66. Karlson, P. Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (1964), und 5.Aufl.1966.
67. Karan-Djurdjic, S. Einfluß des Gefrierens auf die strukturellen Veränderungen des Fleisches.
Ref.in Fleischwirtschaft, 42, (14), 307, (1962).
68. Klose, A.A. Gefrorene Lebensmittel - neueste Fortschritte in der Wissenschaft und Technologie.
Vortr.a.d.II.Internat.Kältekongreß in München.
Ref.in: Die Kälte, 16, 647, (1963).
69. Koller, R. Salz, Rauch und Fleisch.
Das Berglandbuch, Salzburg, (1941).
70. Kazda, J. Der Einfluß des direkten Kühlens und Gefrierens auf die Fleischqualität.
Ref.in : Fleischwirtschaft, 39, (11), 1033, (1959).
71. Krieger, W. Zur Bewertung der Wasserstoffionenkonzentration für die Untersuchung des Rindfleisches auf Grund elektrometrischer Messungen.
Vet.med.Diss., Gießen, (1937).
72. Kuprianoff, J. Neuere Erkenntnisse über die Veränderungen von Fleisch beim Kühlen und Gefrieren.
Schlacht- und Viehhofzeitung, 52, 148, (1952).

73. Lang, O. Die Kältebehandlung von Fleisch und Fleischwaren.
I. Die Veränderung des Fleisches beim Kühlen und Frieren.
Die Kälte, 15, 8, (1962).
74. Langpap, A. Ein Beitrag zur Frage des pH-Wertes in der Muskulatur von Schweinen bei Schlachtungen nach Transporten.
Schlacht- und Viehhofzeitung, 64, 8, (1964).
75. Leistner, W. Über den Auftauprozeß des Gefrierfleisches im Hinblick auf Qualität und Haltbarkeit.
Mh.Vet.med., 18, 503, (1962).
76. Lenfeld, J. Untersuchung und Beurteilung des Fleisches bei Notschlachtungen.
Z.f.Infekt.Krankh.d.Haustiere, 35, 303, (1929).
77. Lenfeld, J. Zur Charakteristik der postmortalen Veränderungen des Fleisches gesunder, kranker und verendeter Tiere.
Z.f.Infekt.Krankh. d.Haustiere, 36, 44, (1929).
78. Lerche, Goerttler, Rievel, Lehrbuch der tierärztlichen Lebensmittelüberwachung.
3.Aufl., Schaper Verlag, Hannover (1957) .
79. van Logtestijn, J.G. Vergleichende Untersuchungen betreffs der pH-Werte der Muskeln von Schlachtieren.
Fleischwirtschaft, 43, (15), 1010, (1963).
80. van Logtestijn, J.G. Over het postmortale pH-Verloop in vlees en de betekenis daarvan voor de beoordeling van Slachtdieren.
Diss.Utrecht, (1965).
81. Ludvigsen, J. Undersøgelse over den sakaldte "muskeldeneration" hos vin.
279 beretning fra for sørgslaboratoriet, Kopenhagen (1965).
82. Magsaam, O. Untersuchungen über die Wasserstoffionenkonzentration des Schweinefleisches und ihre Bedeutung für die Fleischuntersuchung auf Grund elektrometrischer Messungen.
Vet.med.Diss., Gießen, (1937).

83. Makarytscheff, G.A. Die Wirkung niederer Temperaturen auf chemofermentative Prozesse im ungereiften Fleisch.
Berl.tierärztl.Wochenschr., 32, 523, (1931).
84. Makarytscheff, G.A. Der Versuch einer biochemischen Fleischuntersuchung nach der Methode von Andrjewski.
Z.f.Inf.Krankh.d.Haustiere, 37, 52, (1930).
85. Marsh, B.B. Observations on rigor mortis in whale muscle.
Biochemica et Biophysica Acta, 2, 127, (1952).
86. Marsh, B.B. Rigor mortis in beef.
J.Sci. Food Agric., 5, 70, (1954).
87. Marsh, B.B. The effects of Adenosine Triphosphate on the fibre volume of a muscle homogenate.
Biochemica et Biophysica Acta, 2, 247, (1952).
88. Marsili, S. Biologische Temperaturgrenzen beim Gefrieren von Fleisch.
Fleischwirtschaft, 43, (15), 123, (1963).
89. Martius, C. Die Energie liefernden Vorgänge im Muskel.
Dtsch.Ztschr.Nervenheilkunde, 173, 387, (1955).
90. Millo, A.
Schilling, E.
Bader, J. Über postmortale Prozesse im Muskel.
Fleischwirtschaft, 44, (16), 507, (1964).
91. Mommaerts, W.F.H.M. Muscular Contraction.
Interscience Publisher, Inc., New York, (1950).
92. Mommaerts, W.F.H.M. The Biochemistry of Muscle.
Annual Review of Biochemistry, 23, 381, (1954).
93. Moss, V.G.
Kielsmeier, E.W.
Olson, F.C. Die Beziehung zwischen energiereichen Phosphaten, pH- und Viskosität von Kuh- und Bullenfleischbrei.
10.Internat.Kongreß der Fleischforschungsinstitute in Roskilde, Dänemark (1964).

94. Needham, D.M. Adenosin Triphosphate and the Struktural Proteins in Relations to Muscle Contraction. Advances in Enzymology, 13, 151, (1952).
95. Nemitz, G. Eine neue Methode zur Messung der Totenstarre. Z.f.Lebensmittelunters.u.Forschung, 112, 261 (1960).
Partmann, W.
Scharra, d.
96. Niederehe, H. Schweineschnellkühlraum am Schlachthof Witten, Ruhr. Schlacht- und Viehhofzeitung, 59, 206, (1959).
97. Niederehe, H. Schnellstabbkühlung von Schweinen. Schlacht- und Viehhofzeitung, 61, 42, (1961).
98. Niemeyer, H. Hygienische Vorteile der modernen Schnellabkühlung unter der Berücksichtigung des Oberflächenkeimgehaltes. Schlacht- und Viehhofzeitung, 59, 407, (1959).
99. von Ostertag, R. Handbuch der Fleischbeschau. Verl.Ferdinand Enke, Stuttgart, (1922).
100. von Ostertag, R. Lehrbuch der Schlacht tier- und Fleischuntersuchung. Ferdinand-Enke-Verlag, Stuttgart, (1955).
Schönberg, F.
101. van Oyen, C.F. Die kolorimetrische Bestimmung der Wasserstoffionen-Konzentration, pH des Fleischextraktes und die Bedeutung dieser Größe für die Beurteilung des Fleisches. Ztschr.Fleisch-Milchhyg., 18, 429, (1933).
102. Parker, C.J. Ein löslicher Erschlaffungsfaktor aus Muskel. J.Biol.Chem., 235, 3449, (1960).
Gergely, J. Ref.in: Fleischwirtschaft, 41, (13), 429, (1961).

103. Partmann, W. Aktivierung der ATP-Spaltung im Warm- und Kaltblüttermuskel durch Gefrieren und mechanische Verletzung. Z.f.Ernährungswissenschaft, 2, 70, (1961).
104. Peters, W. Über den praktischen Wert der Messungen der pH-Zahl des Fleisches, insbesondere mit Hilfe der Nitrazingelblösung. Schlacht- und Viehhofzeitung, 50, 9, (1950).
105. Plank, R. Handbuch der Kältetechnik. 10.Bd. Springer Verlag, Berlin-Göttinger Heidelberg (1960).
106. Polonovski, M. Le Muscle. Etude de Biologie et de Pathologie l'Expansion, Scientifique Francaise (1952).
107. Prost, E. pH-Messungen im Fleisch. Medyc.Wet.Warszawa, 11, 142, (1955), Ref.in: Die Veterinärmedizin, 9, 122, (1956).
108. Raschke, E. Wege zur Qualitätsverbesserung. pH-Wertmessungen an frischem Schinken im Verarbeitungsbetrieb. Fleischwirtschaft, 40, (12), 375, (1960).
109. Roemmele, O.
Schaper,
van der Wall, Ein praktisches Gerät zur dokumentarischen Feststellung des pH-Wertes, der Durchsaftung und des Blutgehaltes von Fleisch- und Fleischwaren. Fleischwirtschaft, 41, (13), 208, (1961).
110. Römp, H. Chemie Lexikon. 5.Aufl. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
111. Schlag, E.H. Untersuchungen über den Einfluß der Kurzwellendurchflutung auf die Wasserstoffionenkonzentration in tierischen Geweben. Vet.med.Diss. Gießen, (1936).
112. Schenk, M.
Kolb, E. Grundriß der physiologischen Chemie für Veterinärmediziner, Humanmediziner und Biologen. Gustav Fischer-Verlag, Jena (1961).

113. Scheunert, A. Lehrbuch der Veterinär-Physiologie.
Brüggemann, J. 5.Aufl. Paul Parey, Berlin und Ham-
Horn, V. burg (1965).
Hill, H.
114. Schilling, A. Kühlen und Einfrieren von Fleisch
und die dabei auftretenden Gewichts-
verluste.
Kältetechnik, 38, 678, (1958).
115. Schön, L. Untersuchungen zum pH-Wert im Muskel-
Stosiek, M. fleisch von Rindern und Schweinen.
Fleischwirtschaft, 38, (10), 678,
(1958).
116. Schönberg, F. Die Untersuchung von Tieren stam-
mender Lebensmittel.
Vortrag M. und H.Schaper, Hannover,
(1959).
117. Schönberg, F. Zur pH-Messung im Fleisch besonders
bei Notschlachtungen, mit Hilfe von
Indikatorpapier.
Arch.Lebensmittelhyg., 11, 93,
(1960).
118. Schönberg, F. Zum Wert der pH-Messung im Fleisch
für die Beurteilung der Schlachttiere,
insbesondere der Not- und Krankschlach-
tungen.
Der Lebensmitteltierarzt, 2, 42,
(1951).
119. Schönberg, F. Über eine weitere Vereinfachung
und Verbesserung des pH-Meßverfahrens
in Fleisch mit Hilfe des Nitrazingelb-
indikators.
Berl., Münch. tierärztl.Wschrft, 26,
391, (1938).
120. Schönberg, F. Die Ausführung der tierärztlichen
Zietzschmann, O. Fleischuntersuchung.
5.Aufl. Paul Parey, Berlin und
Hamburg, (1958).
121. Schoon, J.G. Die kolorimetrische Bestimmung der
Wasserstoffionenkonzentration und
ihr Wert für die Beurteilung von
Fleisch von kranken Tieren.
Diss.Utrecht (1931),
Ref.in: Ztschr.Fleisch-Milchhyg.
161, (1932).

122. Schwabe, K. Elektrometrische pH-Messungen unter extremen Bedingungen.
Verl.Chemie, GmbH. Weinheim (1960).
123. Sinell, H.J. Neuzeitliche Kühlungs- und Transportprobleme bei Schweinefleisch.
Vortragsabend in Kulmbach, 21. bis 23.10.1963.
Ref. in: Schlacht- und Viehhofzeitung 63, 495, (1963).
124. Steiner, G. Biologische Grundlagen der Frischhaltung tierischer Lebensmittel.
9.Aufl.Handbuch der Kältetechnik, Springer-Verlag (1952).
125. Strohrmann, E. Ein moderner Versandschlachthof mit Schnellstabbkühlung.
Schlacht- und Viehhofzeitung 63, 308, (1963).
126. Sybesma, W.
Hart, P.C. Einige Aspekte zum blassen und wässrigen Schweinefleisch.
Vortrag, geh.auf dem X. Internat. Kongreß der Fleischforschungsinstitute in Roskilde, Dänemark, (1964).
127. Szent-Györgyi, A. Chemical Physiology of Contraction in Body and Heart Muscle.
Academie Press Inc., Publishers New York (1953).
128. Szent-Györgyi, A. Chemistry of Muscular Kontraktion.
2nd.Ed.Academic Press Inc.Publishers New York (1951).
129. Tändler, Neues pH-Meßgerät.
Fleischwirtschaft, 361, (1963).
130. Theloe, G. Neuzeitliche Konservierungsverfahren für Fleisch- und Fleischwaren.
Der Fleischermeister, 14, 327, (1960).
131. Theireich, G. Über die Kühlung von Fleisch frischgeschlachteter Tiere.
Vet.med.Diss.München (1959).
132. Tressler, D.K.
Evers, C.F. The Freezing Preservation of Foods,
3nd.The AVI Publishing Co., Inc. (1957).

133. Tressler, D.K.
Donald, K.
Evers, C.F.
Clifford, F. The Freezing Preservation of Foods.
3nd. The Avi Publishing Co., Inc.
Westport, Conn., (1957).
134. Wagemann, H.
Keller, H. Lehrbuch der Schlachthofkunde.
Paul Parey, Berlin und Hamburg (1958).
135. Weber, H.H.
Portzehl, H. Kontraktion, ATP-Cyclus und fibrilläre
Proteine des Muskels.
Ergebnisse der Physiologie, 47,
370, (1952).
136. Weber, H.H.
Portzehl, H. The Transference of the Muscle
Energy in the Contraction Cycle.
Progress in Biophysics and Bio-
physical Chemistry, 4, 60, (1954).
137. Wehrheim, J. Die Schnellabkühlung von Fleisch.
Vet.med.Diss. Gießen 1954.
138. Wend, J. Schlachthof-Kühlanlagen für Schnell-
abkühlung.
Schlacht- und Viehhofzeitung, 62,
377, (1962).
139. Weniger, J.H.
Steinhauf, D.
Glodek, P.
Kallweit, E. Kontinuierliche pH-Messungen an
Schlachtkörpern von Schweinen unter-
schiedlichen Gewichts.
Fleischwirtschaft, 45, 445, (1965).
140. Wismer-Pedersen, J.
Briskey, E.J. Geschwindigkeit der anaeroben Glyko-
lyse und ihre Beziehung zur Struktur
des Schweinemuskels.
Nature 189, 318, (1961)
Ref.in :Fleischwirtschaft, 41, (13),
843, (1961).
141. Wismer-Pedersen, J.
Briskey, E.J. Relationship of post-mortem acidity
and temperature.
Food Technology XV, No.5, 232 (1961).
142. Wundram, G.
Schönberg, F. Tierärztliche Lebensmittelüberwachung.
6.Aufl. Paul Parey, Berlin und
Hamburg (1953).
143. ... Freezing of Beef.
Inform.Bull. T.R.R.F., USA, Nr.63,
3-4 (1963).
Ref.in: Bull.de l'Institut Internatio-
nal du Froid, 4, 1294, (1963).

144.

Low freezing temperatures do not
increase beef tenderness.
Inform.Bull. T.R.R.F., USA. Nr. 63-1
4 - 1963. -
Ref.in: Bull. de l'Institut Inter-
national du Froid, 4, 1294, (1963).

Nach Abschluß meiner Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr.H.Bartels für die Themastellung, die zahlreichen Anregungen und Hinweise und die Schaffung der Arbeitsmöglichkeiten meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt auch Herrn Dipl.Kaufmann Fleischwarenfabrikant K.L.Schweisfurth, Herten, und seinen Herrn Mitarbeitern für die verständnisvolle Förderung der Arbeit.

Ferner danke ich Herrn Dr.R.Hadlok für die jederzeit gewährte Anleitung und Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Lebenslauf.

Am 8. August 1931 wurde ich, Franz Werner Josten, als Sohn des Schlachthofdirektors Dr. med. vet. Franz Josten und seiner Ehefrau Hertha, geb. Sillinger in Dudweiler-Saar geboren.

Nach Besuch der Volksschulen in Dudweiler und Bad Neuenahr kam ich 1942 auf das Realgymnasium Ahrweiler. Im Jahre 1949 kam ich zum Pädagogium Otto Kühne-Schule in Bad Godesberg, wo ich 1952 das Abitur bestand.

Nach einem Semester des Studiums der Medizin an der medizinischen Fakultät der Universität Bonn begann ich im Winter-Semester 1952/53 an der damaligen Justus-Liebig-Hochschule zu Gießen das Studium der Veterinärmedizin. Nachdem ich zwischen durch ein Semester an der Tierärztlichen Hochschule zu Wien immatrikuliert war, schloß ich im Sommer-Semester 1957 mein Studium mit der Tierärztlichen Prüfung an der Veterinärmedizinischen Fakultät der Justus-Liebig-Universität zu Gießen ab.

Nach Absolvierung der Praktikantenzeit erhielt ich am 1. Februar 1958 meine Approbation als Tierarzt. Anschließend ließ ich mich in Ahrweiler als praktizierender Tierarzt nieder, wo ich auch heute noch tätig bin. Ich heiratete im Jahre 1959. Meiner Ehe entstammen ein Sohn und eine Tochter.

